

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)

PCT

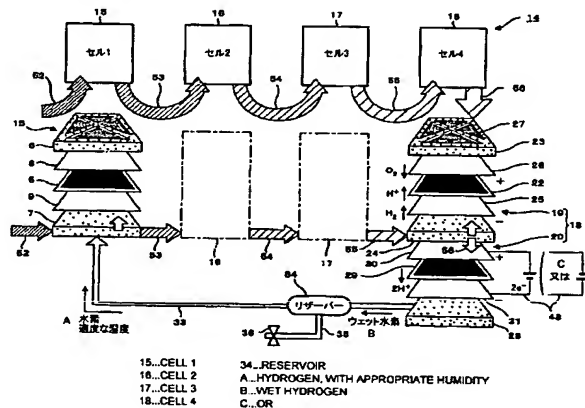
(10) 国際公開番号
WO 2004/062016 A1

- (51) 国際特許分類: H01M 8/04, 8/10 (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015712
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 9 日 (09.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者; および
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 金井 千明 (KANAI, Chiaki) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 窪田 英吾 (KUBOTA, Eigo) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:
特願 2002-378489 2002 年 12 月 26 日 (26.12.2002) JP
特願 2002-378488 2002 年 12 月 26 日 (26.12.2002) JP
特願 2003-169275 2003 年 6 月 13 日 (13.06.2003) JP
特願 2003-169860 2003 年 6 月 13 日 (13.06.2003) JP
- (74) 代理人: 中村 友之 (NAKAMURA, Tomoyuki); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: HYDROGEN GAS HUMIDITY CONTROLLER, FUEL CELL, HYDROGEN GAS HUMIDITY CONTROLLING METHOD, AND HUMIDITY CONTROLLING METHOD OF FUEL CELL

(54) 発明の名称: 水素ガス湿度制御装置、燃料電池、水素ガス湿度制御方法および燃料電池の湿度制御方法



(57) Abstract: A hydrogen gas humidity controller for sustaining the humidity in a fuel cell in an appropriate state constantly by removing excessive moisture from fuel gas or by regulating the moisture thereby performing humidification or dehumidification, a fuel cell employing that hydrogen gas humidity controller, and a hydrogen gas humidity controlling method. Using a moisture carrier or a proton conductor and a catalyst and a voltage applying means, humidification or dehumidification is performed by removing excessive moisture in a hydrogen channel or a hydrogen chamber or by regulating the moisture. The hydrogen gas humidity controller and the fuel cell are constituted of a fuel side gas diffusion chamber being fed with hydrogen gas, a hydrogen gas chamber being fed with hydrogen gas, and the proton conductor for separating the fuel side gas diffusion chamber (72) from the hydrogen gas chamber (73) and passing moisture there through.

(57) 要約: 燃料ガスから余分な水分を除き、或いは水分を調整して加湿や除湿を行うことで、燃料電池の内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる水素ガス湿度制御装置と、その水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池および水素ガス湿度制御方法を提供することを目的とする。水分搬送体又はプロトン伝導体と触媒と電圧印加手段を用いて、水素流路又は水素室の余分な水分を除き、或いは水分を調整して加湿や除湿を行う。水素ガスが供給される燃料側ガス拡散室と、水素ガスが供給される水素ガス室と、燃料側ガス拡散室72と水素ガス室73とを分離すると共に水分を通すプロトン伝導体で水素ガス湿度制御装置および燃料電池

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

水素ガス湿度制御装置、燃料電池、水素ガス湿度制御方法および燃料電池の湿度制御方法

5

技術分野

本発明は、水素を含む燃料ガスを用いて連続して発電するようにした燃料電池と、その燃料電池の制御、運転、維持管理等のために用いられる燃料電池の湿度制御装置及び湿度制御方法に関するものである。

10

背景技術

従来の燃料電池としては、例えば、ノート型パソコン等のポータブル機器に搭載するための電源システムであって、燃料として水素を用い、空気を酸化剤とする小型の固体高分子型燃料電池を用いた機器搭載用燃料電池装置が知られている（特開平 9 - 2 1 3 3 5 9 号公報（第 3 ～ 4 頁、図 1 9））。

15

この特開平 9 - 2 1 3 3 5 9 号公報に記載されている機器搭載用燃料電池装置は、水素と空気を用いて発電する燃料電池本体と、この燃料電池本体に供給する水素を貯蔵するための水素吸蔵ボンベと、この水素吸蔵ボンベを着脱可能な手段と、空気を供給するための手段と、発電により生成した水を回収する構成と、上記燃料電池本体に供給する水素を加湿する手段と、発電動作を制御する制御部と、これらを一体的に収納し、空気の吸排気口ならびに機器と電氣的に結合する端子部を備えたケースとを有することを特徴としている。この燃料電池装置によれば、ポータブル機器に着脱自在に搭載することによって新しい電源システムを提供

20

25

することができ、従来の電池にはない長時間の作動を可能とすると共に、

燃料の補給により繰り返し利用することができる。

また、従来の燃料電池としては、例えば、特開 2 0 0 2 - 1 0 0 3 8 4 号公報（第 5 ～ 7 頁、図 1）に記載されているようなものがある。この特開 2 0 0 2 - 1 0 0 3 8 4 号公報には、燃料電池及びこれに好適に
5 用いられる水蒸気透過膜に関するものが記載されている。

この特開 2 0 0 2 - 1 0 0 3 8 4 号公報 2 に記載されている燃料電池は、電池反応を行う電池部と、電池部へ供給する原料気体を加湿する加湿部とを備え、前記電池部は、固体高分子電解質膜とその両側に配置された電極とからなる電池セルを有するものであり、前記加湿部は、原料
10 気体が導入される原料気体用流路と、電池部からの排出気体が導入される排出気体用流路と、これらの流路を分離する水蒸気透過膜とで構成され、排出気体に含まれる水蒸気を、水蒸気透過膜を透過させて排出気体用流路から原料気体用流路内に入れ、この水蒸気と原料気体用流路内の原料ガスとを接触させることにより原料ガスを加湿するものである燃料
15 電池において、前記水蒸気透過膜は、カルボキシル基の金属塩を官能基として有する繰り返し単位を 7 0 重量%以上有する水溶性高分子が、架橋剤で架橋されている物質からなる、ことを特徴としている。

更に、従来の燃料電池としては、特開 2 0 0 2 - 1 1 7 8 7 8 号公報（第 4 ～ 5 頁、図 1）に記載されているようなものもある。この特開 2
20 0 0 2 - 1 1 7 8 7 8 号公報には、燃料電池及び燃料電池に供給する原料ガスを加湿するのに好適に用いられる水蒸気透過膜に関するものが記載されている。

この特開 2 0 0 2 - 1 1 7 8 7 8 号公報に記載されている燃料電池は、電池反応を行う電池部と、電池部へ供給する原料気体を加湿する加湿部とを備え、前記電池部は、固体高分子電解質膜とその両側に配置された
25 電極とからなる電池セルを有するものであり、前記加湿部は、原料気体

が導入される原料気体用流路と、電池部からの排出気体が導入される排出気体用流路と、これらの流路を分離する水蒸気透過膜とで構成され、排出気体に含まれる水蒸気を、水蒸気透過膜を透過させて排出気体用流路から原料気体用流路内に入れ、この水蒸気と原料気体用流路内の原料ガスとを接触させることにより原料ガスを加湿するものである燃料電池において、前記水蒸気透過膜は、高分子樹脂多孔膜の表面に硬化したパーフルオロスルホン酸系イオン交換樹脂からなる透湿性樹脂層を設けた、ことを特徴としている。

また、本出願人は、例えば、図 24 に示すような構成の燃料電池を開発した。この図 24 に示す燃料電池は、発電部に燃料ガスを供給することによって電力を発生させる装置であり、4 個の発電セル 1, 2, 3 及び 4 によって構成されている。4 個の発電セル 1 ~ 4 は、燃料である水素の供給路に関して直列に接続されるように構成されている。4 個の発電セル 1 ~ 4 は同一の構成を有しており、その構成を、第 4 の発電セル 4 を例にとって説明する。

発電セル 4 は、上下両面に触媒が担持されたプロトン伝導体膜電極接合体 5 と、このプロトン伝導体膜電極接合体 5 の一面側に配置された酸化剤電極側セパレータ 6 と、プロトン伝導体膜電極接合体 5 の他面側に配置された燃料電極側セパレータ 7 とを備えて構成されている。そして、プロトン伝導体膜電極接合体 5 と各セパレータ 6, 7 との間には、それぞれ電極 8, 9 が介在され、これらを締め付けて一体化させることによって発電セル 4 が構成されている。酸化剤電極側セパレータ 6 には、酸素、空気等の酸化剤を取り入れる酸化剤供給口 6 a が設けられている。また、燃料電極側セパレータ 7 には、燃料である水素が流通される複数の流路もしくは燃料室が形成されている。

このような構成を有する燃料電池によれば、例えば、次のようにして

発電が行われる。燃料の水素ガスが燃料電極側セパレータ 7 に供給され、酸化剤の空気が酸化剤電極側セパレータ 6 に供給される。燃料の水素ガス (H_2) が送られてくると、プロトン伝導体膜電極接合体 5 の触媒に水素 (H_2) が接触して電子 (e^-) が飛び出し、プロトン (H^+) が発生する ($H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$)。このプロトン (H^+) が高分子電解質膜の中を伝道して反対側に移動する。その反対側では、送られてきた空気中の酸素が触媒の力で、プロトン (H^+) 及び仕事を終えて戻ってきた電子 (e^-) と反応して水になる ($O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$)。

この化学反応により、プロトン伝導体膜電極接合体 5 の酸化剤電極側セパレータ 6 側には水が次々に生成される。この水がプロトン伝導体膜電極接合体 5 の触媒やガス拡散層を覆うと、発電に十分な量の酸素が水の被膜もしくは高い水蒸気分圧によって中に入り込むことができなくなる。これにより、水素と酸素を供給し続けることで継続される発電が行われなくなるため、生成された前記水は外部に排水する必要がある。

一方、固体高分子型燃料電池 (PEFC) では、プロトン伝導膜のプロトン伝導物質が水 (以下「搬送水」という。) であるため、搬送水が無い乾燥した状態ではプロトンの移動は行われぬ。そのため、プロトン伝導膜では適切な水分管理が必要になる。更に、PEFC のプロトン伝導膜は、カソード側で生成された水分をアノード側へ逆拡散するようになっているが、条件によってはアノード側が水分過多の状態になるため、カソード側と同様に、アノード側の水分管理も重要になる。

なお、図 24 に示す符号 10a, 10b, 10c, 10d 及び 10e は、第一の発電セル 1 より供給されて第 4 の発電セル 4 から排出される水素の流量を示している。符号 10a は、供給される水素の流量が 100% の状態にあることを示しており、符号 10b は、第一の発電セル 1 で消費された水素量を除いた水素流量を表している。更に、符号 10c

は、第二の発電セル 2 で消費された水素量を除いた水素流量を表しており、符号 10 d は、同じく第 3 の発電セル 3 で消費された水素量を除いた水素流量を表している。そして、符号 10 e は、第 4 の発電セル 4 で消費された水素量を除いた水素流量を表しており、必要により残りの水素が第 4 の発電セル 4 から大気中に放出される。符号 11 は、第 4 の発電セル 4 に設けられた水素流路用のストップ弁である。

しかしながら、上述した特開平 9-213359 号公報には、燃料電池本体で生成された水を回収して保水する保水手段を備えることが記載されている。この保水手段は、電池装置ケースの底部に、燃料電池本体の水生成側に密接させてシート状に敷設されており、これが水素吸蔵ポンベの下面にも接するように延在されている。この保水手段の材料は、紙おむつや生理用品などの衛生用品、土壌保水材などの農業園芸用品等に使用される各種の高吸水性高分子が応用できる、としている。

そのため、保水手段の吸水性が極めて高いことから、保水手段自体の湿度が容易に 100% 近くまで増加してしまい、水分過剰な状態になり易いばかりでなく、水分の湿度調整を簡単に行うことができない、という課題があった。

また、図 24 に示した燃料電池では、常温近くでの運転条件下においては、燃料ガスに対する加湿が過剰になり、或いは水分の逆拡散によって湿度が高くなることが多い。そのため、4 個の発電セル 1~4 に対して水素（燃料）をデッドエンドにて供給する場合を考えると、水素と水若しくは水蒸気分圧特性は、図 24 において符号 12 で示すような傾向になる。

この水素と水等の分圧特性 12 は、4 個の発電セル 1~4 の燃料ガスの上流端における水素分圧を 100% とすると共に、最下端における水及び水蒸気分圧を 100% として表したものである。即ち、第一の発電

セル 1 の燃料ガスの供給側(上流端)では水素の流量が 100%であり、その流れに伴い水素の割合が徐々に減少して、第 4 の発電セル 4 の排出側(下流端)では水素の流量が 0% (これと反対に、水若しくは水蒸気分圧が 100%) となる。

- 5 その結果、燃料流路の下流側では、水等の分圧が上がって水素が欠乏した状態になる。そして、最終的に水素流量が 0% となり、触媒やガス拡散層が水の結露により若しくは水蒸気の拡散が悪いために水素の供給が皆無になると、プロトンが酸素とまったく接触できなくなって発電が不能となる。一方、燃料流路の上流側では水若しくは水蒸気が皆無となることで、プロトンの伝導に必要な搬送水が不足することになり、そのため、発電が好ましい状態ではなくなる場合が生ずる。

- 10 本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたものであり、燃料ガスから余分な水分を除き、或いは水分を調整して加湿や除湿を行うことで、燃料電池の内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる水素ガス湿度制御装置と、その水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池、水素ガス湿度制御方法および燃料電池の湿度制御方法を提供することを目的としている。

発明の開示

- 20 上述したような課題を解決し、上記目的を達成するために、本出願の請求項 1 に記載の水素ガス湿度制御装置は、少なくとも水素ガスが供給される第一の水素流路又は水素室と、少なくとも水素ガスが供給される第二の水素流路又は水素室と、第一の水素流路又は水素室と第二の水素流路又は水素室とを分離すると共に水及び／又は水蒸気を通す水分搬送体と、からなることを特徴としている。

本出願の請求項 2 に記載の水素ガス湿度制御装置は、水素ガスが、燃

料改質により発生した水素ガスであることを特徴としている。

- 本出願の請求項 3 に記載の水素ガス湿度制御装置は、少なくとも水素ガスが供給される第一の水素流路又は水素室と、少なくとも水素ガスが供給される第二の水素流路又は水素室と、第一の水素流路又は水素室と
- 5 第二の水素流路又は水素室とを分離するプロトン伝導体と、からなることを特徴としている。

本出願の請求項 4 に記載の水素ガス湿度制御装置は、プロトン伝導体は、第一の水素流路又は水素室に臨む面と第二の水素流路又は水素室に臨む面の少なくとも一方に触媒が配置されていることを特徴としている。

- 10 本出願の請求項 5 に記載の水素ガス湿度制御装置は、第一の水素流路又は水素室に第一の電圧印加用電極を設けると共に、第二の水素流路又は水素室に第二の電圧印加用電極を設け、プロトン伝導体が第一の電圧印加用電極と第二の電圧印加用電極との間に挟持されていることを特徴としている。

- 15 本出願の請求項 6 に記載の水素ガス湿度制御装置は、第一の電圧印加用電極と第二の電圧印加用電極との間に電圧を印加することを特徴としている。

本出願の請求項 7 に記載の水素ガス湿度制御装置は、触媒は白金を含んでいることを特徴としている。

- 20 本出願の請求項 8 に記載の水素ガス湿度制御装置は、水素ガスが、燃料改質により発生した水素ガスであることを特徴としている。

- 本出願の請求項 9 に記載の燃料電池は、燃料が供給される燃料電極側セパレータと、酸化剤が供給される酸化剤電極側セパレータと、燃料電極側セパレータと酸化剤電極側セパレータとの間に挟持されたプロトン
- 25 伝導体膜電極接合体と、を有する 1 個又は 2 個以上の発電セルと、燃料が供給される水素流路及び／又は水素室に組み込まれた 1 個又は 2 個以

上の水素ガス湿度制御装置と、を備え、水素ガス湿度制御装置は、第一の支持板と、第二の支持板と、第一の支持板と第二の支持板との間に挟持された水分搬送体とからなり、第一の支持板に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体が接しており、第二の支持板に少なくとも水素が接していることを特徴としている。

また、本出願の請求項 10 に記載の燃料電池は、燃料が供給される燃料電極側セパレータと、酸化剤が供給される酸化剤電極側セパレータと、燃料電極側セパレータと酸化剤電極側セパレータとの間に挟持されたプロトン伝導体膜電極接合体と、を有する 1 個又は 2 個以上の発電セルと、燃料が供給される水素流路及び／又は水素室に組み込まれた 1 個又は 2 個以上の水素ガス湿度制御装置と、を備え、水素ガス湿度制御装置は、第一の電極と、第二の電極と、第一の電極と第二の電極との間に挟持されたプロトン伝導体とからなり、第一の電極に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体が接しており、第二の電極に少なくとも水素が接していることを特徴としている。

また、本出願の請求項 11 に記載の水素ガス湿度制御方法は、第一の電極と、第二の電極とでプロトン伝導体を挟持し、第一の電極と第二の電極との間に電圧を加えることにより、第一の電極に接触する水素と第二の電極に接触する水素の間での水分の搬送を行うことを特徴としている。

上述のように構成したことにより、本出願の請求項 1 に記載の水素ガス湿度制御装置では、第一の水素流路又は水素室と第二の水素流路又は水素室を水分搬送体によって分離させているため、2 つの水素流路又は水素室内の水及び／又は水蒸気の割合が異なる場合には、その割合が高い方から低い方に水分搬送体を介して水及び／又は水蒸気が搬送される。これにより、2 つの水素流路又は水素室間における水及び／又は水蒸気の割合を同じくするように水素湿度を制御することができる。

本出願の請求項 2 に記載の水素ガス湿度制御装置では、水素ガスが、燃料改質により発生した水素ガスであり、水蒸気改質等により発生する水素は、水分を多く含むため、水分が不足する状況を回避し易いという好ましい効果が得られる。

- 5 本出願の請求項 3 に記載の水素ガス湿度制御装置では、第一の水素流路又は水素室と第二の水素流路又は水素室をプロトン伝導体によって分離させているため、2つの水素流路又は水素室内の水及び／又は水蒸気の割合が異なる場合には、その割合が高い方から低い方に、或いは低い方から高い方にプロトン伝導体を介して水及び／又は水蒸気が搬送される。
- 10 また、その割合が同じ場合であっても、一方から他方にプロトン伝導体を介して水及び／又は水蒸気が搬送される。これにより、2つの水素流路又は水素室間における水及び／又は水蒸気の割合を同じくしたり、任意の割合に設定するように水素湿度を制御することができる。

- 本出願の請求項 4 に記載の水素ガス湿度制御装置では、プロトン伝導
- 15 体の第一の水素流路又は水素室に臨む面と第二の水素流路又は水素室に臨む面の少なくとも一方に触媒が配置されているため、その触媒によって水素をプロトンに分離させ、また、プロトンを水素に転換させることができる。

- 本出願の請求項 5 に記載の水素ガス湿度制御装置では、第一の水素流
- 20 路又は水素室には第一の電圧印加用電極が設けられ、第二の水素流路又は水素室には第二の電圧印加用電極が設けられ、これら電極間にプロトン伝導体が挟持されているため、これらでプロトンポンプを構成して水素ガスの湿度制御を行うことができる。従って、水素流路又は水素室内の水素湿度を最適な状態に保つための加湿・除湿装置、湿度センサ、減
- 25 圧レギュレータ、昇圧コンプレッサ、流量コントローラ等として用いることができる。

本出願の請求項 6 に記載の水素ガス湿度制御装置では、第一の電圧印加用電極と第二の電圧印加用電極の間に電圧を印加させることにより、プロトン伝導体を介してプロトンを電圧の高い側から電圧の低い側に向けて移動させることができる。

- 5 本出願の請求項 7 に記載の水素ガス湿度制御装置では、触媒として白金を用いることにより、水素をプロトンに分離させ、或いは、プロトンを水素に転換させることを効率良く行うことができる。

- 10 本出願の請求項 8 に記載の水素ガス湿度制御装置では、水素ガスが、燃料改質により発生した水素ガスであり、水蒸気改質等により発生する水素は、水分を多く含むため、水分が不足する状況を回避し易いという好ましい効果が得られる。

- 15 本出願の請求項 9 に記載の燃料電池では、燃料電極側セパレータと酸化剤電極側セパレータとプロトン伝導体膜電極接合体とを有する 1 個又は 2 個以上の発電セルと、水素ガス湿度制御装置とを備えた燃料電池において、水素ガス湿度制御装置の第一の支持板と第二の支持板との間に水分搬送体が挟持され、第一の支持板に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体が接触し、第二の支持板に少なくとも水素が接触しているため、燃料が供給される水素流路又は水素室内の水素湿度が高い場合には余分
- 20 その水素流路又は水素室内の水素湿度が低い場合には水分搬送体で高い側から伝導させて加湿して、発電動作を効率良く継続させることができる。

- 25 また、本出願の請求項 10 に記載の燃料電池では、燃料電極側セパレータと酸化剤電極側セパレータとプロトン伝導体膜電極接合体とを有する 1 個又は 2 個以上の発電セルと、水素ガス湿度制御装置とを備えた燃料電池において、水素ガス湿度制御装置の第一の電極と第二の電極との

間にプロトン伝導体が挟持され、第一の電極に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体が接触し、第二の電極に少なくとも水素が接触しているため、両電極間に電圧を印加することにより、電圧の高い側から低い側に向けて水及び／又は水蒸気を移動させることができ、その電圧の印加方向を制御することで2つの水素流路又は水素室の水素湿度を調整し、発電動作を効率良く継続させることができる。

また、本出願の請求項11に記載の水素ガス湿度制御方法によれば、第一の電極と、第二の電極とでプロトン伝導体を挟持し、第一の電極と第二の電極との間に電圧を加えることにより、燃料電池の燃料極に供給されて第一の電極に接触する水素と、第一の電極に接触する水素とは異なる湿度を有し第二の電極に接触する水素の間での水分の搬送を行うため、電圧の高い側から低い側に向けて水及び／又は水蒸気を移動させることができ、その電圧の印加方向を制御することで2つの水素流路又は水素室の水素湿度を調整し、燃料電池での発電動作を効率良く継続させることができる。

更に、上記課題を解決するために本出願の燃料電池は、燃料極と酸素極とで電解質を挟持した発電セルと、前記酸素極に酸素を供給するための酸素流路が形成された酸素極側セパレータと、前記燃料極に燃料ガスを供給するための燃料流路が形成された燃料極側セパレータと、前記燃料ガスに接触して配され、前記燃料ガスとは異なる湿度を有する排出気体に接触し、前記燃料ガスと前記排出気体との間での水分の搬送を行う水分搬送体と、を有することを特徴とする。

水分搬送体が燃料ガスと排出気体に接触し、燃料ガスと排出気体との間での水分搬送を行うことにより、燃料ガスが排出気体よりも高湿度な場合には燃料ガス側から排出気体側への水分の移動が行われ、燃料ガスが排出気体よりも低湿度な場合には排出気体側から燃料ガス側への水分

の移動が行われる。したがって、燃料電池での発電によって生成した水分によって、発電セルの発電に適さない湿度状態になったとしても、排出気体と燃料ガスとの間での水分搬送が繰り返されることによって、燃料電池の内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる。

- 5 また、燃料電池は排出気体が流れる排出流路を有するとしてもよく、排出気体が酸素を含み燃料電池の酸素極側に供給されるとしてもよい。排出気体が流れる排出流路を燃料電池が有していることで、排出気体として燃料電池の外から空気を排出流路に送り込むことなどで、排出気体を効果的に水分搬送体に接触させることができ、燃料電池内部の湿度を
10 適正な状態に維持することが容易となる。排出気体が酸素を含み、燃料電池の酸素極側に供給されることで、排出気体を用いて燃料電池が発電を行うことができるため、排出気体を有効に利用して発電を行うことが可能となる。

- 15 また、水分搬送体がパーフルオロスルホン酸系ポリマーを含むとすることで、水分を水分搬送体によって確実にかつ容易に搬送することができる。

- 20 また、上記課題を解決するために本出願の燃料ガス湿度制御方法は、燃料電池の燃料極側に供給される燃料ガスと接触するように水分搬送体を設け、前記燃料ガスとは異なる湿度を有する排出気体および前記燃料ガスを前記水分搬送体で隔て、前記水分搬送体を用いて前記燃料ガスと前記排出気体との間で水分の搬送を行うことを特徴とする。

図面の簡単な説明

- 25 図 1 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の第 1 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 2 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の第 1 の実

施例に係る発電セルの組立状態の概略構成を示す説明図である。

図 3 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の第 1 の実施例に係る発電セルの配管構成の他の例を示す説明図である。

図 4 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の第 2 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 5 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の第 3 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 6 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の第 4 の実施例の原理を説明するための説明図である。

10 図 7 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の原理を説明するための説明図である。

図 8 は、図 7 に示す実施例の変形例の詳細な構成を示す説明図である。

図 9 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の第 5 の実施例の原理を説明するための説明図である。

15 図 10 A は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 1 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 10 B は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 2 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 11 A は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 3 の実施例の概略構成を示す説明図である。

25 図 11 B は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 4 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 2 は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルの第 5 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 3 A は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 6 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 3 B は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 7 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 4 A は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 8 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 4 B は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 9 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 5 A は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 1 0 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 5 B は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 1 1 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 6 A は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 1 2 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 6 B は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池に係る発電セルを示す、発電セルの第 1 3 の実施例の概略構成を示す説明図である。

図 1 7 A は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の水素湿度と水素流路との関係を示すグラフである。

図 1 7 B は、本発明の水素ガス湿度制御装置を用いた燃料電池の水素湿度と水素流路との関係を示すグラフである。

- 5 図 1 8 は、本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の原理を説明するための説明図である。

図 1 9 は、本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の概略構成を示す説明図である。

- 10 図 2 0 は、図 1 9 に示した本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の変形例を示す説明図である。

図 2 1 は、本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の電圧と時間との関係の出力特性を示すグラフである。

図 2 2 は、本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の電圧と内部抵抗との関係の出力特性を示すグラフである。

- 15 図 2 3 は、本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の電圧と電流との関係の出力特性を示すグラフである。

図 2 4 は、従来の燃料電池の概略構成を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

- 20 以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して説明する。図 1 乃至図 2 3 は、本発明の実施の例を示すものである。即ち、図 1 は本発明の燃料電池の第一の実施例の概略構成を示す説明図、図 2 は第一の実施例に係る発電セルの組立状態の概略構成を示す説明図、図 3 は第一の実施例に係る発電セルの配管構成の他の例を示す説明図、図 4 は本発明の
25 燃料電池の第二の実施例の概略構成を示す説明図、図 5 は本発明の燃料電池の第 3 の実施例の概略構成を示す説明図、図 6 は本発明の燃料電池

の原理説明図、図 7 は図 6 の詳細な構成の一例を示す説明図、図 8 は図 7 の詳細な構成の他の例を示す説明図、図 10 A, B、図 11 A, B、図 12、図 13 A, B、図 14 A, B、図 15 A, B 及び図 16 A, B は発電セルとプロトンポンプの関係をそれぞれ説明する説明図、図 17 A, B は水素湿度と水素流路との関係を説明するグラフである。

図 18 は本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の原理説明図、図 19 は本発明の湿度制御方法を用いた燃料電池の概略構成を示す説明図、図 20 は図 19 の変形例を示す説明図である。

図 21 は本発明に係る燃料電池の出力特性を示すものでセル電圧 (V) と時間 (sec) との関係を示すグラフ、図 22 は同じくセル電圧 (V) と時間 (sec) と抵抗 (Ω) との関係を示すグラフ、図 23 は同じくセル電圧 (V) と時間 (sec) との関係を示すグラフである。

本発明の燃料電池は、アノード（陽極）で水素 (H_2) をプロトン ($2H^+$) と電子 ($2e^-$) に分解し、このときに生じる電子を電気として取り出すものである。この際、カソード（陰極）では、酸素 (O_2) と電解質膜を移動したプロトン及び外部回路を通過してきた電子とが結合し、水が副産物として生成される。

燃料電池に用いられるプロトン伝導体がプロトンを移動させるためには水が必要であるので、この生成水をプロトン伝導体内に拡散させ、プロトンの伝導率を高めるために積極的に活用されている。その一方、生成水がプロトン伝導体内で過剰になると、生成水が酸素の移動を妨げることになり、その結果、燃料電池の発電が阻害されることになる。また、プロトン伝導体を通じて水素（アノード）側に拡散した生成水が水素の移動を妨げる場合もある。そのため、燃料電池で安定な発電動作を連続させるためには、プロトン伝導体内の水分を常に一定範囲内に保つことが重要になる。

また、水素ガス湿度制御装置は、燃料電池に用いられる燃料ガス（特に水素）の湿度を制御するもので、水分を介在させてプロトンを移動させるプロトンポンプを用いる。プロトンポンプは、水素をプロトン經由にて移動すると共に、それに伴う水素又は水分の移動を目的とするもので、移動対象物は水素と水分である。このプロトンポンプを伝導する水素と水分の移動量は、例えば、プロトン伝導体膜電極接合体の両面に設けられた電極間に印加する電圧又は電流を大小変化させることによって調整することができる。

図 1 に示すように、本発明に係る水素ガス湿度制御装置の第 1 の実施例として示すプロトンポンプは、水素流路が直列に接続された 4 個の発電セル 15, 16, 17 及び 18 のうち、最も下流に位置する第四の発電セル 18 に組み立てられて一体的に構成されている。

このうち、第一の発電セル 15、第二の発電セル 16 及び第 3 の発電セル 17 の 3 個の発電セルは、従来例として示した図 24 の発電セル 4 と同様の構成を有している。即ち、第一～第三の発電セル 15～17 は、ともに上下両面に触媒が担持されたプロトン伝導体膜電極接合体 5 と、このプロトン伝導体膜電極接合体 5 の一面側に配置された酸化剤電極側セパレータ 6 と、プロトン伝導体膜電極接合体 5 の他面側に配置された燃料電極側セパレータ 7 と、プロトン伝導体膜電極接合体 5 と各セパレータ 6, 7 との間にそれぞれ介在された電極 8, 9 とを備えて構成されている。

一方、第四の発電セル 18 は、図 24 に示した発電セル 4 と同様の構成からなる発電部 19 を有しているが、その発電部 19 に加えて、水素ガス湿度制御装置であるプロトン伝導体 20 が燃料電極セパレータ 24 側に組み込まれている。発電部 19 とプロトン伝導体 20 の組み合わせが一体的に構成されることによって第四の発電セル 18 が構成されてい

る。この第四の発電セル 18 を含む 4 個の発電セル 15 ～ 18 を、水素が供給される水素流路を直列に接続して一体化させることにより、4 個の発電セル 15 ～ 18 の組み合わせからなる燃料電池 14 が構成されている。

- 5 この燃料電池 14 の第四の発電セル 18 の発電部 19 と第一～第三の発電セル 15 ～ 17 とは、上述した発電セル 1 ～ 4 の構成と同一であるため、ここでは発電部 19 を代表させて、その構成および発電反応を簡単に説明する。

- 10 発電セル 15 ～ 18 の発電部 19 は、中央に配置されたプロトン伝導体膜電極接合体 22 と、このプロトン伝導体膜電極接合体 22 の一面側に配置された酸化剤電極側セパレータ 23 と、プロトン伝導体膜電極接合体 22 の他面側に配置された燃料電極側セパレータ 24 と、2 枚の集電板電極 25, 26 を備えている。

- 15 プロトン伝導体膜電極接合体 22 は、中央に配置されたプロトン伝導体膜と、このプロトン伝導体膜の両面に設けられた第一及び第二の触媒との三層構造とされている。プロトン伝導体膜は、常温で高いプロトン (H^+) 伝導性を示す高分子膜であり、例えば、パーフルオロスルホン酸膜、ナフィオン膜（フッ素樹脂系）等を用いることができる。また、第一及び第二の触媒としては、例えば、白金、白金・ルテニウム、或いはカーボン粉に白金等を担持させたもの、その他の触媒を用いることができる。
- 20

- 25 このプロトン伝導体膜電極接合体 22 の第一の触媒側に燃料側の集電板電極 25 が配置され、プロトン伝導体膜電極接合体 22 の第二の触媒側に酸化剤側の集電板電極 26 が配置されている。このように三層構造とされた集電板電極 25、プロトン伝導体膜電極接合体 22 及び集電板電極 26 を、その両面から酸化剤電極側セパレータ 23 と燃料電極側セ

パレータ 2 4 とで挟持することにより発電部 1 9 が構成されている。

酸化剤電極側セパレータ 2 3 は、例えば、薄い平板状の部材からなり、その中央部には、一方の面から他方の面まで貫通する酸素、空気等の酸化剤を取り入れるための酸素取入口 2 7 が設けられている。また、この

5 酸化剤電極側セパレータ 2 3 とプロトン伝導体膜電極接合体 2 2 との間に、同じく酸素取入口を有する酸化剤側の集電板電極 2 6 が配置されている。酸素取入口 2 7 から大気中の酸素が取り入れられ、その酸素が集電板電極 2 6 を介してプロトン伝導体膜電極接合体 2 2 の第二の触媒に供給される。

10 また、燃料電極側セパレータ 2 4 も同様に、例えば、薄い板状の部材からなり、その側面には、燃料の一具体例である水素が供給される燃料供給口が設けられている。この燃料電極側セパレータ 2 4 の両面には、水素を電極と接触させるための水素接触部が設けられている。この水素接触部が燃料供給口と連通されていて、燃料供給口から供給された水素

15 が、内部通路を通して燃料電極側セパレータ 2 4 の両面に設けられた水素接触部に放出される。したがって、燃料電極側セパレータ 2 4 とプロトン伝導体膜電極接合体 2 2 との間に配置されている燃料側の集電板電極 2 5 側には水素接触部から水素が供給され、プロトン伝導体 2 0 側にも水素接触部から水素が供給される。

20 燃料電極側セパレータ 2 4 は、プロトン伝導体 2 0 の一方のセパレータである第一のセパレータを兼ねている。尚、第一の発電セル 1 5 から第三の発電セル 1 7 においては発電部のみで構成されていて、プロトンポンプ部がないため、それらの燃料電極側セパレータ 7 には、その一面のみに水素接触部が設けられ、他面には燃料ガスが漏れない構造とされている。

25

このような構成を有する燃料電池によれば、例えば、次のようにして

発電が行われる。燃料の水素ガスが燃料電極側セパレータ 24 に供給され、酸化剤の空気が酸化剤電極側セパレータ 23 に供給される。燃料の水素ガス (H_2) が送られてくると、プロトン伝導体膜電極接合体 22 の触媒に水素 (H_2) が接触して電子 (e^-) が飛び出し、プロトン (H^+) が発生する ($H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$)。このプロトン (H^+) がプロトン伝導体膜中を伝道して反対側に移動する。その反対側では、送られてきた空気中の酸素が触媒の力で、プロトン (H^+) 及び仕事を終えて戻ってきた電子 (e^-) と反応して水になる ($O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$)。

次にプロトン伝導体 20 の構成と動作について説明する。プロトン伝導体膜の特性は、プロトンのみを移動することであるが、プロトンの移動のために水 (H_2O) を $OH-H$ の形で保有し、その $-H$ を足場として、プロトン (H^+) を移動するのが基本である。そのため、プロトン伝導体膜は、実際には、プロトンのみを伝導するのではなく、同時に水も透過させることができる。このプロトン伝導体膜の水の透過性を利用することにより、ポンプ装置等の外部装置を用いることなく、燃料電池内部の過剰な水分を外部に排出したり、水分の流れる方向、水分の流量その他の水分の制御が可能となる。

第一のセパレータ 24 を用いて構成されるプロトン伝導体 20 は、第一のセパレータ 24 の他に、第二のセパレータ 28 と、両セパレータ 24, 28 間に挟持されたプロトン伝導体膜電極接合体 29 と、2 枚の印加電極 30, 31 を備えて構成されている。第二のセパレータ 28 は、第一のセパレータ 24 と同様に水素ガスが流通されるもので、戻り配管 33 の一端が接続されている。この第二のセパレータ 28 に到達した水素ガス (H_2) が、戻り配管 33 を介して上流側の発電セル (この実施例では第一の発電セル 15) に戻される構成となっている。

プロトン伝導体膜電極接合体 29 は、発電部 19 のプロトン伝導体膜電極接合体 22 と同様の構成とすることができる。この実施例ではプロトン伝導体膜電極接合体 29 は、プロトン伝導体膜電極接合体 22 と同様の構成とされており、中央に配置されたプロトン伝導体膜と、このプロトン伝導体膜の両面に設けられた第一の触媒及び第二の触媒の三層構造とされている。そして、第一の触媒側に第一の印加電極 30 が配置され、第二の触媒側に第二の印加電極 31 が配置されている。

このように三層構造とされた第一の印加電極 30、プロトン伝導体膜電極接合体 29 及び第二の印加電極 31 を、その両面から第一のセパレータ 24 と第二のセパレータ 28 とで挟持することによりプロトン伝導体 20 が構成されている。第一の印加電極 30 と第二の印加電極 31 にはポンプ側電気回路 48 が接続され、第一の印加電極 30 と第二の印加電極 31 との間の電位差を変更可能となっている。後述するようにプロトン伝導体 20 は、ポンプ側電気回路 48 が第一の印加電極 30 と第二の印加電極 31 との間に生じさせる電位差によって、第一のセパレータ 24 からプロトン伝導体 20、第一の印加電極 30、プロトン伝導体膜電極接合体 29 及び第二の印加電極 31 を経て第二のセパレータ 28 に向けて水素および水分を搬送することができる。また、第二のセパレータ 28 側から第一のセパレータ 24 側に水素および水分を搬送することもできる。

第一の印加電極 30 と第二の印加電極 31 は、ポンプ側電気回路 48 によってその正極（＋極）及び負極（－極）を変更可能な状態（電圧の印加方向が可変）で互いに電氣的に接続されている。この場合、例えば、第一の印加電極 30 の電圧が第二の印加電極 31 の電圧よりも高くなるように電圧を印加すると、水素（ H_2 ）が第一のガス拡散層の触媒と接触して電子（ $2e^-$ ）が飛び出す。これと共に、プロトン（ $2H^+$ ）がプ

ラスイオンであるためマイナス側に引っ張られ、プロトン伝導体膜電極接合体 29 を透過するように移動する。

このとき、第一のセパレータ 24 から供給される水素 (H_2) は、3 個の発電セル 15 ~ 17 を通過してきた後の逆拡散水による水分を十分に含んだウェット水素であり、それ自体が含有する水分によってプロトン伝導体膜電極接合体 29 を伝導する際の搬送水の機能が確保されている。そのため、第一の印加電極 30 側にあるプロトン (H^+) は、搬送水 (H_2O) により搬送されてプロトン伝導体膜電極接合体 29 を透過し、第二の印加電極 31 側に容易に移動することができる。そして、第二の印加電極 31 側に移動したプロトン (H^+) は、電子 (e^-) と反応して水素 (H_2) となる ($2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$)。その後、水分を多量に含んだウェット水素 (H_2) は、第二のセパレータ 28 から戻り配管 33 に流される。その結果、発電部 19 に供給される水素の水分を低くすることができ、これにより、ウェット状態で発電部 19 に供給される水素を発電に適する湿度にすることができる。

これとは逆に、第二の印加電極 31 の電圧が第一の印加電極 30 の電圧よりも高くなるように電圧を印加すると、第二の印加電極 31 側にあるプロトン (H^+) は、搬送水 (H_2O) により搬送されてプロトン伝導体膜電極接合体 29 を透過し、第一の印加電極 30 側に容易に移動することができる。そして、第一の印加電極 30 側に移動したプロトン (H^+) は、電子 (e^-) と反応して水素 (H_2) となる ($2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$)。この水素が第一のセパレータ 24 を介して発電部 19 に供給されると、燃料の水素として発電に使用される。

このように、第二のセパレータ 28 側に多くの水分があり、発電部 19 に連通された第一のセパレータ 24 側にある水素が乾いている場合には、水分を多く含んだ水素 (H_2) を、プロトン伝導体膜電極接合体 2

9を介して第一のセパレータ24側に戻すことができる。その結果、発電部19に供給される水素の水分を高くすることができ、これにより、ドライ状態で発電部19に供給される水素を発電に適する湿度にすることができる。

- 5 このように、ポンプ側電気回路48でプロトン伝導体20の第一の印加電極30及び第二の印加電極31間における電圧の印可方向を変えることにより、プロトン伝導体20を正方向と逆方向に移動する割合を調整して、混合後の水素の湿度を決定することができる。即ち、プロトン伝導体20を透過して第一の印加電極30から第二の印加電極31に移動する水素の水分量を高くしたり、これとは逆に、第二の印加電極31から第一の印加電極30に移動する水素の水分量を高くしたりして、その水分量を自在に調整することが可能となる。

- 10 この場合、プロトン伝導体20が第四の発電セル18のみに設けられているため、第四の発電セル18の発電部19のみが集中して加湿若しくは除湿されることになる。更に、そのプロトン伝導体20に連通された第二のセパレータ28には戻り配管33が接続されているため、その戻り配管33からの水素及び水分の逆流によってもプロトン伝導体20の水素湿度が影響を受けることになる。

- 20 第二のセパレータ28の燃料排出口に一端が接続された戻り配管33内には、プロトン伝導体20の第二のセパレータ28から排出されたウェット水素若しくは水分を貯蔵しておくことができる水分貯蔵器（リザーバー）34が設けられている。この水分貯蔵器34は、第二のセパレータ28内又はその近傍に設けるようにしてもよい。水分貯蔵器34にはドレン配管35が設けられていて、ドレン配管35の開口側には開閉弁36が取り付けられている。この水分貯蔵器34には、内部に発生した結露を水素と分離させる機能が備えられており、その結露が集まって
- 25

できた水が開閉弁 36 を開放することによって大気中に排出される。この水分貯蔵器 34 で水分が適当に取り除かれた水素が、第一の発電セル 15 の燃料供給口のある燃料電極側セパレータ 7 に還流される。

上述したプロトン伝導体 20 によれば、水素も水も共にポンプすることができ、その場合に必要とされるエネルギーについて説明する。水素の 1 原子 ($1/2 \cdot \text{H}_2$) に対してプロトン (H^+) は 1 個であり、このときの電子 (e^-) は $1 \times 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]$ であって、この水素のための搬送水 (同伴水) は、一般的に 1 ~ 2.5 個といわれており、ここではそのように仮定する。すると、水素 1 分子 (H_2) の場合は、
 10 1 原子のときの 2 倍であるため、プロトン (H^+) は 2 個となり、電子 (e^-) は $2 \times 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]$ であって、搬送水は 2 ~ 5 個である。

これを水素 1 $[\text{mol}]$ に換算すると、プロトン (H^+) は $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 個となり、電子 (e^-) は $2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 6.02 \times 10^{23} [\text{C}]$ であって、搬送水は 2 ~ 5 $[\text{mol}]$ である。これを、搬送水の 1 $[\text{mol}]$ に換算すると、電子 (e^-) は $2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 6.02 \times 10^{23} \times 1/2 \sim 1/5 [\text{C}]$ 、プロトン (H^+) は $2 \times 6.02 \times 10^{23} \times 1/2 \sim 1/5$ 個、水素は $1 \times 1/2 \sim 1/5 [\text{mol}]$ である。

20 ここで、1 秒当りの水素量を $10^{-6} [\text{mol}/\text{s}]$ ($= 1.34 \text{ cc}/\text{s}$) とすると、得られる電子量は $0.193 [\text{A}]$ であり、このときの搬送水は $5 \times 10^{-6} [\text{mol}/\text{s}]$ である。発電セル 18 においては、 $1 [\text{A}]$ の電流を得るために必要な水素量は $7 [\text{cc}/\text{min}]$ となり、このとき生成水は $5.19 \times 10^{-6} [\text{mol}/\text{s}]$ が発生する。従って、
 25 例えば、全生成水が逆拡散した最悪の状態を仮定した場合でも、プロトン伝導体 20 は、極めて低い電圧を用いて、発電電流の $1/2 \sim 1/5$

の電流で全生成水をプロトンの搬送水として循環させて、湿度の持ち出しを行うことができる。

一般に、1個の発電セルの発電量[W]は、電流を5[A]としたとき、電圧が0.6~0.7[V]であれば、3.0~3.5Wとなる（例えば、0.6[V]×5[A]=3[W]）。

これに対して、プロトン伝導体20の動作に必要な電力量（消費電力）は、電流を5[A]として、電圧を50[mV]とすると、0.25[W]となる（50[mV]×5[A]=0.25[W]）。従って、発電セルで35[cc/min]の水素消費があり、プロトン伝導体20で35[cc/min]の水素循環がなされた状態で運転されるものとする
10 と、発電セルに対するプロトンポンプの効率は、 $\text{効率} = 3[W] \div 0.25[W] \approx 12$ 倍となる。

また、発電セルを35[cc/min]で運転し、そのうち14[cc/min]を戻り配管33から戻すものとして、プロトン伝導体20
15 の駆動電流が2[A]であって、電圧が20[mV]であるとする、このときの消費電力は0.04[W]となる（0.02[V]×2[A]=0.04[W]）。従って、この場合における、発電セルに対するプロトンポンプの効率は、 $\text{効率} = 3[W] \div 0.04[W] \approx 80$ 倍となる。

20 このように、本実施例の発電セル18及び燃料電池14によれば、発電部19で発電された電力の一部をプロトン伝導体20で消費するが、その消費量は発電量に比べて極めて少ないため（発電電圧0.6又は0.6~0.7Vに対して、消費電圧0.05V位）、発電効率の低下を最小限に抑えつつ、発電動作を効率良く継続させることができる。

25 図1に示した構成を有する燃料電池14の作用は、例えば、次のようなものである。4個の発電セル15~18を、これらに供給される水素

の流路を直列に接続する。そして、第一の発電セル 15 から第二の発電セル 16 及び第三の発電セル 17 を介して第四の発電セル 18 に向けて、燃料としての水素を供給する。なお、燃料は水素を直接供給してもよいし、燃料改質等により発生する水素を使用してもよい。特に水蒸気改質等により発生する水素は、水分を多く含むため、水分が不足する状況を回避し易く、本発明により好ましい効果が得られる。

このように接続された 4 個の発電セル 15 ~ 18 に対して燃料としての水素をデッドエンドにて供給した場合、3 個の発電セル 15 ~ 17 及び発電セル 18 の発電部 19 で逆拡散水が顕著に発生し、これらの水が水素の流れに応じて下流側に押し流されることで水素と水若しくは水蒸気の分圧特性が徐々に変化する。この分圧特性の変化は、水分が水の場合と水蒸気の場合とは異なるが、水として結露すると、その水分は水素ガスの流れに乗りにくいものとなる。

いま、4 個の発電セル 15 ~ 18 において発電電流が等しいものと仮定する。この状態で、水等の分圧特性を水素の流量で考えると、デッドエンドの場合、下流端の水素流量 56 が 0 cc/min であるため、上流端である第一の発電セル 15 の水素流量 52 を 100 cc/min とすると、第二の発電セル 16 の供給側では水素流量 53 は 75 cc/min 、第三の発電セル 17 の供給側では水素流量 54 は 50 cc/min 、第四の発電セル 18 の供給側では水素流量 55 は 25 cc/min となり、これらの値が妥当な理想値と考えられる。

このような環境状態において、第一~第三の発電セル 15 ~ 17 及び第四の発電セル 18 の発電部 19 では、例えば、次のようにして発電が行われる。即ち、燃料の水素ガスが燃料電極側セパレータ 7 若しくは 24 に供給されると共に、酸化剤の空気が大気中から酸化剤電極側セパレータ 6 若しくは 23 に供給される。その結果、燃料の水素ガス (H_2)

がプロトン伝導体膜電極接合体 5 若しくは 22 の第一の触媒と接触して電子 (e^-) が飛び出し、プロトン (H^+) が発生する ($H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$)。

このプロトン (H^+) がプロトン伝導体膜電極接合体 5 若しくは 22
5 のプロトン伝導体膜を通り抜けて反対側の第二の触媒に向かう。この第二の触媒では、送られてきた空気中の酸素が触媒の力でプロトン (H^+) 及び仕事を終えて戻ってきた電子 (e^-) と反応し、これにより水が生成される ($O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$)。

この化学反応により、プロトン伝導体膜電極接合体 5 若しくは 22 の
10 酸化剤電極側セパレータ 6 若しくは 23 側には水がどんどん生成される。このような水及び逆拡散水の拡散過程は、4 個の発電セル 15 ~ 18 において同様に行われるが、上流側の発電セルに供給される水素に逆拡散した水分量よりも下流側の発電セルに供給される水素の水分量が大となる。これは、水素が下流に移動するに伴って逆拡散水も押し流され、第
15 四の発電セル 18 において吹き溜まりとなって次から次へと蓄積される。そこで、第四の発電セル 18 の発電部 19 で生成され且つ水分を多く含んだ水素を、プロトン伝導体 20 から排出し、戻り配管 33 に戻すようにする。

この場合、プロトン伝導体 20 のポンプ側電気回路 48 では、第一の
20 印加電極 30 の電位が第二の印加電極 31 の電位以上になるように電圧を印加させる。その結果、第一のセパレータ 24 から供給される水素 (H_2) が第一の触媒と接触して電子 (e^-) が飛び出すと共に、プロトン (H^+) が第一の触媒からプロトン伝導膜を伝導して第二の触媒に向かって移動する。

25 このとき、第一のセパレータ 24 から供給される水素 (H_2) は、上流の 3 個の発電セル 15 ~ 17 を通過する際に水分を吸収して湿度が高

められた後のウェット水素であり、その水素自体が十分な水分を含有している。そのため、この水素 (H_2) には、それ自体を移動させるに必要な搬送水の機能が確保されている。従って、第一の触媒で発生したプロトン (H^+) は、プロトン伝導膜を伝導して第二の触媒に向かって容易に移動することができる。

更に、第二の触媒側に移動したプロトン (H^+) は、電子 (e^-) と反応して水素 (H_2) となる ($2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$)。これにより、水分を多量に含んだ水素 (H_2) が生成される。その後、水分を多量に含んだウェット水素は、第二のセパレータ 28 から戻り配管 33 に送られる。

10 戻り配管 33 に送られたウェット水素は、水分貯蔵器 34 に一時的に蓄えられ、一部は水分が十分に高められて結露となり、残部は水分が取り除かれて適度な湿気を有する水素に変換される。

この適度な湿度を有する水素が第一の発電セル 15 に戻され、新規なドライ水素と混合されて、再び発電に供される。このようなサイクルが

15 連続されることにより、燃料電池 14 によって連続した発電動作が行われると共に、下流側の発電セル 18 から十分に水分が含まれた水素を排出させて、発電動作の実行を確保することができる。

ここに述べた燃料電池の作用は、多数の発電セルを直列に接続した場合のものであるが、これは単一の発電セルにおいても同様である。即ち、

20 1 個の発電セルにおいても、水素ガスの上流部と下流部とで同様に当てはまることである。

図 2 は、図 1 に示した第四の発電セル 18 の原理確認用の装置を表したものであり、その発電セルの組立状態及びその配管構造等の概略構成を示している。燃料電極側セパレータ (第一のセパレータ) 24 には水

25 素流路 40 が接続されていて、その水素流路 40 には、供給される水素の圧力を検出する圧力計 41 が設けられている。この水素流路 40 に供

給される水素は、水分を含まないか又は含む水分の少ない、いわゆるドライ水素と呼ばれるものである。また、酸化剤電極側セパレータ 23 には、大気中の空気が酸素取入口 27 から供給される。

更に、第二のセパレータ 28 に一端が接続された戻り配管 33 の他端
5 が、水素流路 40 の圧力計 41 の下流側に接続されている。この戻り配管 33 には、第二のセパレータ 28 から近い順に湿度計 43 と圧力計 44 と流量計 45 と逆止弁 46 が配設されている。湿度計 43 は、第二のセパレータ 28 から水素流路 40 に戻される水素の湿度を測定するものである。また、圧力計 44 は、戻り配管 33 内の圧力、即ち、第二のセ
10 パレータ 28 から水素流路 40 に戻される水素の圧力を測定するものである。

また、流量計 45 は、戻り配管 33 内を流れる水素の流量を測定するものである。そして、逆止弁 46 は、水素流路 40 から戻り配管 33 に向かって水素が流れ込むのを防止するものである。通常、戻り配管 33
15 内の水素の圧力は、水素流路 40 内の水素の圧力と同等か若しくは高いため、水素流路 40 内のドライ水素に混ぜて再循環させるように構成されている。

尚、圧力計 41、湿度計 43、圧力計 44、流量計 45 及び逆止弁 46 は、あくまでもプロトンポンプの原理を確認するために必要とされる
20 ものである。そして、これら圧力計 41 等の配置、配列は、この実施例のものに限定されるものではない。更に、デバイス装置としての実用の際には、圧力計 41 等は必要に応じて用いられるものであって、不要時にはそれぞれ省略することが可能なものである。

この発電セル 18 の発電部 19 には発電側電気回路 47 が形成されて
25 いる。この発電側電気回路 47 には、燃料電極側セパレータ 24 からプロトン伝導体膜電極接合体 22 を経て酸化剤電極側セパレータ 23 に向

かう方向に流れる図 2 において時計方向の電流が発生される。また、発電セル 18 のプロトン伝導体 20 にはポンプ側電気回路 48 が形成される。このポンプ側電気回路 48 には、第二のセパレータ 24 からプロトン伝導体膜電極接合体 29 を経て第二のセパレータ 28 に向かう方向に
5 流れる図 2 において反時計方向の電流が印加される。

このポンプ側電気回路 48 は、プロトン伝導体 20 の第一の印加電極 30 と第二の印加電極 31 との間に適当な大きさの電圧を印加できるように構成したことによるものである。更に、ポンプ側電気回路 48 には、
10 印加される電圧の大きさ及びその電圧の印加方向を変更可能な可変電源 49 が設けられている。このポンプ側電気回路 48 では、通常、第一の印加電極 30 の電位が第二の印加電極 31 の電位以上に高くなるように電圧を印加させるようにする。これにより、プロトン伝導体 20 にポンプ作用が生じ、水分を多く含んだウエット水素を戻り配管 33 に流すことができる。

15 これとは反対に、第一の印加電極 30 の電位が第二の印加電極 31 の電位よりも低くなるように電圧を印加させると、水分を多く含んだウエット水素が第二のセパレータ 28 側から第一のセパレータ 24 側に向かって移動する。これにより、水分を多く含んだウエット水素が、第一のセパレータ 24 から発電部 19 に供給され、その水分が発電部 19 において発電等に利用されて、有効な発電その他の働き（搬送水の役割等）
20 に利用される。

図 3 は、図 2 の回路構成を変形した実施例を示すものであり、図 2 と同一部分には同一の符号を付している。この実施例では、戻り配管 33 に変えて迂回配管 50 を設け、迂回配管 50 の一端を第二のセパレータ 28 に接続し、その他端を第一のセパレータ 24 に接続するように構成
25 されている。迂回配管 50 には、第二のセパレータ 28 に近い側から順

に圧力計 4 4、湿度計 4 3 及び流量計 4 5 が配設されているが、逆止弁は省略されている。この圧力計 4 4 等の配置、配列については、これに限定されるものではなく、また、逆止弁を設ける構成としてもよい。このような接続構成とすることによっても、図 2 の実施例と同様の効果を得ることができる。

図 1 7 A、B は、水素湿度と水素流路との関係を説明するグラフである。図 1 7 A において、符号 5 7 は、従来の湿度分布を示すものであり、水素流路の上流部では水素密度が高くなっていて、下流部に移動するに従って比例的に水素密度が低くなっている。符号 5 8 は、従来の水素の湿度分布に対して、湿度制御による加湿、除湿制御を行った範囲を示すものである。この場合、水素流路の上流部と下流部では水素湿度に相対差があるため、これだけでは好ましいものではないので、符号 5 9 に示すように、湿度循環による湿度勾配を平均化するようにする。

図 1 7 B は、本実施例のように水素湿度を制御し、湿度循環による湿度勾配を平均化すると共に、平均化された水素湿度（符号 5 9）の湿度分布範囲（符号 6 0）を示すものである。このように水素湿度の平均化を図ることにより、発電効率の低下を最小限に抑えつつ、発電動作を効率良く継続させることができる。

しかも、本発明によれば、プロトン伝導体 2 0 は、プロトン伝導体膜のドライアップ時（水分が不足した乾燥時）には、一般的に作動しにくい、水素循環が必要となるのは水素流路が水によって閉塞されたときであるため、その水によってプロトンポンプを動作させるための湿度を十分に確保することができる。更に、本実施例のように、発電部 1 9 とプロトン伝導体 2 0 を互いに近接させて設けることにより、発電部 1 9 に向かう水素の湿度とプロトン伝導体 2 0 に向かう水素の湿度を同等レベルに保持することができる。

その結果、プロトン伝導体 20 の内部抵抗 (= 印加電圧 / 電流) を観測することで水素極 (燃料極) 全体の湿度を同時にセンシングすることができ、これによって湿度センサの役割を果たすことができる。また、上述したように、一対のガス拡散層間における電圧の印加方向を反転させることにより、ポンプ方向を反転させて湿度の高い水素を逆方向に移動させることができる。しかも、ポンプ量 (ポンプスピード) は、水素流量を調整することによって自由に設定することができ、プロトンポンプの面積、印加電圧、電流、プロトン伝導体膜の材料等とのマッチングを図ることにより、ポンプ効率を高めて最適化を図ることができる。

また、プロトンポンプによれば、プロトン伝導体膜を通じて行われるプロトンの伝導に加えて、搬送水の移動を促進させることができる (水素と水分の移動)。これにより、燃料である水素の湿度を発電に適したものに調整することが出来るため、発電部のプロトン伝導体の過乾燥や水没による発電反応の低下を防止することが可能となる。更に、水分の移動に関しては、使用箇所によって除湿若しくは加湿の効果を発揮させることができる。更に又、水素の移動には、その圧力や流量の調整を図ることができ、減圧レギュレータ、昇圧コンプレッサ、或いは流量コントローラとして機能させることもできる。そして、この際の圧力勾配により、循環流の一方化を図り、水素の逆流防止を行うことができる。

尚、燃料ガスとしては、純粹の水素のみからなる水素ガスばかりでなく、成分の一部に水素を含む水素混合ガス (例えば、メタン、メタノール、プロパン、ブタン、ガソリン等) を用いることができる。即ち、高圧ボンベや液体水素タンク、水素吸蔵合金等を用いて水素そのものを供給する方法の他、天然ガス (メタン)、メタノール等の既存の炭化水素系燃料を改質して水素リッチな改質ガスを供給する方法等が用いられる。また、酸素の供給も同様であり、空気を供給する方法の他、酸素そのも

のを供給する方法を用いることもできる。

図 4 は、本発明の燃料電池の第 2 の実施例を示すものであり、この実施例に示す燃料電池 6 2 は、上述した第一の実施例の水分貯蔵器 3 4 に、新たなドライ水素 6 3 を供給し、戻り配管 3 3 内の水素の状態を調整する
5 ように構成したものである。他の構成は、上述した図 1 の場合と同様であるため、同一部分には同一の符号を付して、それらの説明を省略する。尚、戻り配管 3 3 は、この実施例においても前記実施例と同様に、管状の部材を用いて配管として接続する構成として図示したが、配管による接続に限られるものではなく、例えば、セパレータ同士を接合させて
10 戻り管路を形成する等の他の接続構成を含むことは勿論である。

この第 2 の実施例によれば、予めウエット水素によって適度な湿度が与えられたドライ水素が、4 個の発電セル 1 5 ~ 1 8 のうち第一の発電セル 1 5 の燃料供給口に供給される。そのため、4 個の発電セル 1 5 ~ 1 8 の直列とされた水素流路を通して、略平均化された湿度を有する水
15 素を流通させることができる。

図 5 は、本発明の燃料電池の第 3 の実施例を示すものであり、この実施例に示す燃料電池 6 4 は、上述した第 2 の実施例の第一の発電セル 1 5 を第四の発電セル 1 8 と同一の構成として第一の発電セル 1 5 A を設け、最上流に位置する発電セルにもプロトン伝導体 2 0 を設けたものである。第一の発電セル 1 5 A は第四の発電セル 1 8 と同様の構成を有し
20 ており、戻り配管 3 3 の先端が第一の発電セル 1 5 A に接続されている。燃料電池 6 4 の他の構成は、図 4 に示した第 2 の実施例と同様であるため、同一部分には同一の符号を付して、それらの説明を省略する。

この第 3 の実施例では、第四の発電セル 1 8 のプロトン伝導体 2 0 から排出されたウエット水素が水分貯蔵器 3 4 に供給され、その水素は水分貯蔵器 3 4 に供給される新たなドライ水素 6 3 と混合される。その混
25

合後の適度に湿度が調整された水素が、第一の発電セル 15 A のプロトン伝導体 20 の第二のセパレータ 28 に供給される。この第二のセパレータ 28 から供給された水素は、プロトン伝導体 20 を通過する際に上述したポンプ作用に供される。その後、プロトン伝導体 20 を通過した
5 水素の一部が発電部 19 に移動して上述した発電作用に供される。

一方、プロトン伝導体 20 を通過した水素のうち発電部 19 で消費された分を除く残部は、第一のセパレータ 24 から第二の発電セル 16 側に移動する。この水素の一部は第二の発電セル 16 において発電に供され、その残部が第三の発電セル 17 に供給される。更に、第三の発電セル 17 に移動した水素は、その一部が発電に供され、残部が第四の発電
10 セル 18 に供給される。そして、第四の発電セル 18 において、上述したように、発電部 19 による発電作用とプロトン伝導体 20 によるポンプ作用とが行われる。

尚、図 5 における水分貯蔵器（リザーバー）34 は、第一の発電セル 15 A 或いは第四の発電セル 18 の内部に設ける構成としてもよい。また、4 個の発電セル 15 A, 16 ~ 18 のすべてを一体に構成し、その内部に水分貯蔵器 34 を内蔵する構成とすることもできる。
15

図 6 は、本発明の燃料電池の実施例の原理を説明する図である。この燃料電池 65 は、互いに重ね合わされる酸化剤電極側セパレータ 66、
20 燃料電極側セパレータ 67 及び第三のセパレータ 68 と、発電部 69 と、水素ガス湿度制御装置の一具体例を示すプロトン伝導体 70 を備えて構成されている。酸化剤電極側セパレータ 66 と燃料電極側セパレータ 67 は発電部 69 を介して重ね合わされており、両セパレータ 66, 67 の内部に形成された空間部が発電部 69 によって酸化剤側ガス拡散室 71 と燃料側ガス拡散室 72 とに仕切られている。第三のセパレータ 68
25 は燃料電極側セパレータ 67 の外側に重ね合わされており、これにより

両セパレータ 6 7, 6 8 の内部に、水素ガスが供給される第二の水素流路又は水素室の一具体例を示す水素ガス室 7 3 が形成されている。

更に、酸化剤電極側セパレータ 6 6 には酸素供給口 7 4 が設けられており、この酸素供給口 7 4 が酸化剤側ガス拡散室 7 1 に連通されている。

- 5 この酸素供給口 7 4 には、大気中の空気（特に酸素）或いは酸素貯蔵器から酸素が供給される。また、燃料電極側セパレータ 6 9 には燃料供給口 7 5 が設けられており、この燃料供給口 7 5 が燃料側ガス拡散室 7 2 に連通されている。この燃料供給口 7 5 には、水素貯蔵器等の燃料供給源が接続され、その燃料供給源から燃料（特に水素）が供給される。第
10 三のセパレータ 6 8 には水素供給口 7 6 が設けられており、この水素供給口 7 6 が水素ガス室 7 3 に連通されている。この水素供給口 7 6 には、前記水素貯蔵器等の燃料供給源又は別個に設けた水素供給源が接続され、その水素供給源から水素が供給される。

- これら酸化剤電極側セパレータ 6 6、燃料電極側セパレータ 6 7 及び
15 第三のセパレータ 6 8 の材質としては、例えば、非伝導性のセラミックスやプラスチック等を適用できることは勿論のこと、伝導性を有するアルミニウム合金、ステンレス合金、或いはカーボン材等を適用すること
もできる。図 6 に示す実施例は、3つのセパレータを伝導性の材料で形成したものであり、この場合、酸化剤電極側セパレータ 6 6 と燃料電極
20 側セパレータ 6 7 との間、及び燃料電極側セパレータ 6 7 と第三のセパレータ 6 8 の間には、それぞれ絶縁性のシール部材 7 7 を介在させるようにするとよい。

- 燃料電池 6 5 の発電部 6 9 は、酸化剤電極側セパレータ 6 6 と燃料電極側セパレータ 6 7 との間に保持された発電用のプロトン伝導体膜 7 8
25 と、このプロトン伝導体膜 7 8 の両面に設けられた一対の触媒層 7 9, 8 0 を備えている。これら触媒層 7 9, 8 0 の材質としては、例えば、

白金や白金・ルテニウム等の触媒を用いることができる。一方の触媒層 7 9 の周囲を囲う酸化剤側ガス拡散室 7 1 が酸化剤側のガス拡散層とされており、他方の触媒層 8 0 の周囲を囲う燃料側ガス拡散室 7 2 が燃料電極側のガス拡散層とされている。これらガス拡散層の材質としては、

5 例えば、カーボンプクロス、カーボンペーパー等を用いることができる。

また、燃料電極側セパレータ 6 7 には、燃料側ガス拡散室 7 2 と水素ガス室 7 3 を連通する開口部 8 3 が設けられている。この開口部 8 3 にはプロトン伝導体 7 0 が取り付けられており、これらの水分搬送体若しくはプロトン伝導体によって開口部 8 3 が仕切られて、第一の水素流路
10 又は水素室である燃料側ガス拡散室 7 2 と第二の水素流路又は水素室である水素ガス室 7 3 とが分離されている。図 6 に示す実施例は、燃料側ガス拡散室 7 2 と水素ガス室 7 3 をプロトン伝導体 7 0 で仕切って分離させた例を示すものである。

このプロトン伝導体 7 0 は、発電部 6 9 と同様の構成を備えており、
15 高分子電解質膜であるプロトン伝導体膜 8 4 と、このプロトン伝導体膜 8 4 の両面に設けられた第一の触媒 8 5 及び第二の触媒 8 6 を有している。更に、第一の触媒 8 5 の燃料側ガス拡散室 7 2 に臨む面には第一の電圧印加用電極が設けられ、第二の触媒 8 6 の水素ガス室 7 3 に臨む面には第二の電圧印加用電極が設けられている。これら第一及び第二の電
20 圧印加用電極間では、その電圧の印加方向を選択的に変更可能とされている。従って、第一の電圧印加用電極の印加電圧を第二の電圧印加用電極の印加電圧よりも高くすることができ、これとは逆に、第二の電圧印加用電極の印加電圧を第一の電圧印加用電極の印加電圧よりも高くすることもできる。

25 プロトン伝導体膜 8 4 は、開口部 8 3 の全体を完全に塞ぐように燃料電極側セパレータ 6 7 の内側に固定されている。これにより、プロトン

伝導体膜 8 4 の一面に配された第一の触媒 8 5 が発電に供される燃料ガスが供給される燃料側ガス拡散室（第一の水素流路又は水素室） 7 2 に対向され、その他面に配された第二の触媒 8 6 が水分の搬送に供される燃料ガスが供給される水素ガス室（第二の水素流路又は水素室） 7 3 に
5 対向されている。

このような構成を有する燃料電池 6 5 の作用を概略説明すると、例えば、次のようなものである。図 6 において、燃料電池 6 5 の水素供給口 7 6 に対して燃料ガスを供給すると共に、酸素供給口 7 4 に対して空気を供給する。この場合、酸素供給口 7 4 が大気開放されているものである場合には、大気中から自動的に空気が供給される。その結果、燃料
10 電極側セパレータ 6 7 内のアノード側では水素 (H_2) がプロトン (H^+) と電子 (e^-) に分解され、酸化剤電極側セパレータ 6 6 内のカソード側では酸素 (O_2) とプロトン伝導体膜 7 8 を移動したプロトン (H^+) 及び外部回路を通過してきた電子 (e^-) が結合される。これにより、発
15 電部 6 9 で発電された電子 (e^-) が電力として取り出される。

この際、発電部 6 9 のカソード側では、酸素 (O_2) とプロトン (H^+) 及び電子 (e^-) が結合することにより、水が生成される ($4 H^+ + 4 e^- \rightarrow 2 H_2 + O_2 = 2 H_2O$)。この発電部 6 9 で生成された水は、酸化剤電極側セパレータ 6 6 側の触媒層 7 9 及びプロトン伝導体膜 7 8 を逆拡
20 散して燃料電極側セパレータ 6 7 側の触媒層 8 0 に逆拡散される。そして、水分は触媒層 8 0 を通過して燃料電極側セパレータ 6 7 側の表面に染み出し、燃料側ガス拡散室 7 2 内の水素中に蒸発する。これにより、燃料側ガス拡散室 7 2 内の湿度が高くなり、その水分がガス拡散層を介してプロトン伝導体 7 0 に伝導される。

25 プロトン伝導体 7 0 に伝導された水分は、第一の触媒 8 5 からその内部に染み込み、プロトン伝導体膜 8 4 を介して反対側の第二の触媒 8 6

に搬送される。この場合、プロトン伝導体膜 8 4 の両面に印加される電圧の印加方向を変えることにより、水分 (H_2O) 及びプロトン (H^+) の移動方向を変えることができる。即ち、図示するように、プロトン伝導体膜 8 4 の第一の触媒側電極の電圧を第二の触媒側電極の電圧よりも高くすることにより、水分 (H_2O) 及びプロトン (H^+) は、第一の触媒 8 5 (+極) 側から第一の触媒 8 6 (-極) 側に伝導される。このとき、発電部 6 9 側の湿度は低くなり、その燃料ガスは乾燥される傾向になる。

これとは逆に、プロトン伝導体膜 8 4 の第二の触媒側電極の電圧を第一の触媒側電極の電圧よりも高くすることにより、水分 (H_2O) 及びプロトン (H^+) は、+極となる第二の触媒 8 6 側から-極となる第一の触媒 8 5 側に伝導される。このとき、発電部 6 9 側の湿度は高くなり、その燃料ガスは湿潤される傾向になる。従って、プロトン伝導体膜 8 4 の電圧の印加方向を制御することにより、水分及びプロトンの移動方向を変更させて発電部 6 9 における燃料ガスの湿度を調整することができる。

尚、プロトン伝導体膜 8 4 に代えて水分搬送体を用いることによって、燃料ガスの湿度を調整することができる。この場合、水分搬送体では電圧の印加が行われず、湿度差による自然拡散を用いて水分を移動させる湿度調整が行われる。この水分搬送体は、表面に接触する水分を吸収してその水分を保持するのではなく、湿度が高い側から低い側に水分を搬送して反対側の面から排出する機能を有するものである。例えば、燃料側ガス拡散室 7 2 内の湿度が水素ガス室 7 3 内の湿度よりも高くなると、その水分が水分搬送体を介して水素ガス室 7 3 内に染み出す。その染み出し量が所定量を超えることにより、その水分がまとまって滴となり、水素ガス室 7 3 から、例えば外部に放出され、或いは他の発電セ

ルの水分調整に供される。

このようなプロトン伝導体 70（或いは水分搬送体）による水素の湿度制御が繰り返されることにより、発電部 69 で水が連続的に生成される場合にも、その発電部 69 における水素の湿度を調整して、発電に最適
5 適な湿度の燃料ガスを発電部 69 に供給することができると共に、余分な水分を発電部 69 から除去することができる。

このように、本実施例の燃料電池 65 によれば、プロトン伝導体 70（又は水分搬送体）を燃料電極側セパレータ 67 側に設けたために、発電時における燃料電池 65 内部の湿度を一定の適正な状態に維持することができ、常に最適な状態で発電部 69 による発電動作を連続させる
10 ことができる。

図 7 は、図 6 に示した燃料電池 65 の他の具体的な構成例を示す説明図である。図 7 において、図 6 と同一部分には同一の符号を付している。また、図 8 は、図 7 に示す燃料電池 65 の変形実施例である燃料電池 8
15 8 を示すものである。

図 7 の燃料電池 65 および図 8 に示した燃料電池 88 は、多数の発電部と 1 個（或いは 1 組）のプロトン伝導体 70 で構成したものである。前述したような構成を有する複数個の酸化剤電極側セパレータ 66 と、これと同数の燃料電極側セパレータ 67 が交互に重ね合わされ、最後の
20 燃料電極側セパレータ 67 の一面に第三のセパレータ 68 が積層されている。

図 8 に示した燃料電池 88 では、これらセパレータ積層体が、横に向けられた状態で 1 個のプロトン伝導体 70 に載置されている。そして、プロトン伝導体 70 が第四のセパレータ 89 に載置されている。横並べ
25 とされたセパレータ積層体に対して、上方から燃料である水素が供給され、空気は側方から供給されている。そして、発電部で発電動作に供さ

れた後の余分な水分が、プロトン伝導体 70 の下方から側方に排出される構成となっている。かかる構成とすることによっても、前記実施例と同様の効果を得ることができる。

また図 9 は、図 6 に示した燃料電池 65 の変形例である燃料電池 95 の構成を示す断面図である。燃料電池 95 は発電部 69 と、プロトン伝導体 70 と、水分搬送体 91 を備えた構成とされている。即ち、燃料電池 95 は、互いに重ね合わされる酸化剤電極側セパレータ 66、燃料電極側セパレータ 67 及び第三のセパレータ 68 と、プロトン伝導体 70 用の高分子電解質膜であるプロトン伝導体膜 84 と、水分搬送体の一具体例を示す水分搬送体 91 とを備えて構成されている。

この水分搬送体 91 は、湿度差による自然拡散を用いて水分を移動させるようにしたもので、表面に接触する水分を吸収し、その水分を保持するのではなく、湿度が低い側に搬送して反対側の面から外部に排出する機能を有するものである。この水分搬送体 91 は、燃料電極側セパレータ 69 の内側に取り付ける構成としてもよい。水分搬送体 91 は、例えばプロトン伝導膜であるパーフルオロスルホン酸膜、ナフィオン膜（フッ素樹脂系）や多孔質セラミックス等を用いることができる。

酸化剤電極側セパレータ 66 と、燃料電極側セパレータ 67 と、両セパレータ 66、67 間に配設された発電部 69 と、第三のセパレータ 68 に取り付けられた水分搬送体 91 と、発電部 69 のプロトン伝導体膜 78 と酸化剤電極側セパレータ 66 及び燃料電極側セパレータ 67 間をシールするシール部材 77 とは、上述した図 6 の燃料電池 65 とそれぞれ同様である。そして、酸化剤電極側セパレータ 66 には酸素供給口 74 が設けられ、燃料電極側セパレータ 67 には水素供給口 76 が設けられている。

更に、燃料電極側セパレータ 67 の水分排出口である内側開口部 83

にプロトン伝導体 70 が設けられている。このプロトン伝導体 70 は、
発電部 69 と同様の構成を備えており、高分子電解質膜であるプロトン
伝導膜 84 と、このプロトン伝導体膜 84 の両面に設けられた第一の触
媒 85 及び第二の触媒 86 を有している。プロトン伝導体膜 84 は内側
5 開口部 83 を閉じるように燃料電極側セパレータ 67 の内側に取り付け
られており、その一面に配された第一の触媒 85 が発電に供される燃料
ガスの供給されるガス拡散層 72 に対向され、その他面に配された第二
の触媒 86 が水分持出し用に供される燃料ガスの供給される水素ガス室
73 に対向されている。

10 また、第三のセパレータ 68 は、シール部材 77 を介して燃料電極側
セパレータ 67 と重なり合うように設けられ、3 個のセパレータが全体
として三層構造とされている。第三のセパレータ 68 には、水分の排出
口である外側開口部 92 が設けられている。この第三のセパレータ 68
の内面に、外側開口部 92 を塞ぐように水分搬送体 91 が接着剤、挟持
15 その他の固着手段によって取り付けられている。そして、第三のセパレ
ータ 68 の側部には、プロトン伝導体 70 を伝導して第三のセパレータ
68 側に染み出した水分を外部に持ち出すための水分持出用燃料が供給
される水素供給口 76 が設けられている。

このような構成を有する燃料電池 95 では、図 6 を用いて説明したの
20 と同様の発電反応とプロトン伝導体 70 による水分の反応が行われて、
プロトン伝導体 70 の電圧の印加方向を制御することにより、水分及び
プロトンの移動方向を変更させて発電部 69 における燃料ガスの湿度を
調整することができる。

このように、プロトン伝導体 70 の触媒層 86 の湿度が高くなり、第
25 三のセパレータ 68 で囲まれた水素ガス室 73 内の湿度が高くなると、
その水分が水分搬送体 91 内に染み込む。そして、水分搬送体 91 内の

湿度がある程度高くなり、外気と接触している表面に水分が染み出し、その染み出し量が所定量を超えることにより、その水分がまとまって滴となり、外部に放出される。

また、水分搬送体 9 1 に伝達された水分は、その内部に染み込んで反対側の面まで伝導され、その面に染み出して外気に接触される。水分搬送体 9 1 と接触する外気の湿度は、第三のセパレータ 6 8 内部の湿度よりも低いため、水分搬送体 9 1 に含まれる水分は外気中に放出されることになる。このようなプロトン伝導体 7 0 及び水分搬送体 9 1 における水分の伝導が繰り返されることにより、発電部 6 9 で水が連続的に生成される場合にも、その湿度を調整して最適な湿度の燃料ガスを発電部 6 9 に供給すると共に、余分な水分を外部に排出することができる。

このように、本実施例の燃料電池 9 5 によれば、プロトン伝導体 7 0 及び水分搬送体 9 1 を燃料電極側セパレータ 6 7 側に設けることにより、発電時に燃料電池 6 5 内部で生成される水分を燃料電極側セパレータ 6 9 側から外部に放出し、発電時における燃料電池 9 5 内部の湿度を一定の適正な状態に維持することができ、常に最適な状態で発電動作を連続させることができる。

図 1 0 A ～ 図 1 6 B には、上述したような発電部にプロトン伝導体を組み合わせて構成される発電セルの他の実施例を示す。図 1 0 A は、図 1 に示した第四の発電セル 1 8 と略同様の構成を有するもので、酸化剤電極側セパレータ 2 3 の酸素取入れ方式を大気開放式とした実施例である。この発電セル 1 0 0 は、発電部 1 9 とプロトン伝導体 2 0 を備えて構成されている。

燃料電極側セパレータ 2 4 と第三のセパレータ 2 8 は、水素を流通させる水素配管 1 2 0 で連通されていて、両セパレータ 2 4, 2 8 のどちら側からも他方に対して水素が供給できるようにされている。尚、第三

のセパレータ 28 及び水素配管 120 については、吸湿性の材料を用いることができ、また、結露トラップ等のように外部に水素を排出できる構造とすることもできる。

図 10B は、図 10A に示した発電セル 100 の変形例を示すもので、
5 酸化剤電極側の酸素取入れ方式を空気圧送式としたものである。この発電セル 101 は、酸化剤電極側セパレータ 121 を有する発電部 19A を備えている。酸化剤電極側セパレータ 121 の内面には、空気（酸素）が圧送される多数の連通溝 122 が設けられている。他の構成は、発電セル 100 と同様である。

10 図 11A に示す発電セル 102 は、図 10B に示す発電セル 101 のうち、燃料電極側セパレータ 24 に上下の電極 25, 30 を貼り合わせる等して一体化させて燃料電極側セパレータ 123 を構成し、同じく酸化剤電極側セパレータ 121 に集電板電極 26 を一体化させて酸化剤電極側セパレータ 124 を構成し、更に、第三のセパレータ 28 に電極 3
15 1 を一体化させて第三のセパレータ 125 を構成したものである。これにより、各セパレータ 123, 124, 125 に電極の機能を持たせ、これらのセパレータ 123, 124, 125 を介して集電機能や電圧の印加等が行えるように構成されている。

更に、酸化剤電極側セパレータ 124 の機能に合わせて燃料電極側セ
20 パレータ 123 及び第三のセパレータ 125 を、空気圧送式に適合する構成としている。そして、プロトン伝導体 20 の燃料電極側セパレータ 123 と第三のセパレータ 125 を水素配管 120 で連通することにより、両セパレータ 123, 125 間において互いに水素を流動させることができるようにしている。この実施例によれば、発電セルの部品点数
25 を削減して装置の薄型化、小型化を図ることができる。

図 11B に示す発電セル 103 は、図 10A に示す発電セル 100 の

うち、燃料電極側セパレータ 24 の上下に電極 25, 30 を貼り合わせる等して一体化させて集電板 126 を構成し、発電セル 103 の構造の簡略化を図ったものである。集電板 126 は水素配管 120 を介して第三のセパレータ 28 と連通されている。この実施例の場合、燃料ガスである水素は、集電板 126 及び第三のセパレータ 28 から発電部 19 及びプロトン伝導体 20 に供給される。

図 12 に示す発電セル 104 は、発電部 19A に供給される燃料ガスの湿度制御を、プロトン伝導体 20A と水分搬送体 127 の 2 つの水素ガス湿度制御装置で行うようにしたものである。発電部 19A の下側にプロトン伝導体 20A が配置され、その下側に水分搬送体 127 が配置されている。この発電セル 104 では、発電部 19A のプロトン伝導体膜電極接合体 22 の湿度調整がプロトン伝導体 20A によって行われ、更に、プロトン伝導体 20A の湿度調整が水分搬送体 127 によって行われる。

更に、プロトン伝導体 20A は、発電部 19A の燃料電極側セパレータを兼ねる燃料電極側セパレータ 24 と、第三のセパレータ 128 と、両セパレータ 24, 128 間に介在されたプロトン伝導体膜電極接合体 29 及びその上下に配置された電極 30, 31 とから構成されている。そして、燃料電極側セパレータ 24 と第三のセパレータ 128 は、水素配管 120 により連通されて水素ガスが移動できるように構成されている。

また、水分搬送体 127 は、プロトン伝導体 20A の第三のセパレータ 128 と、大気供給される第四のセパレータ 129 と、両セパレータ 128, 129 間に介在された水分搬送体 130 及びその上下に配置された多孔質板 131, 132 とから構成されている。水分搬送体 130 には触媒が無い場合、集電効果がいないことから多孔質板 131,

1 3 2は必ずしも必要とされるものではない。

図 1 3 A～図 1 6 Bに示す発電セル 1 0 5, 1 0 6, 1 0 7, 1 0 8, 1 0 9, 1 1 0, 1 1 1 及び 1 1 2 は、発電部 1 9 A, 1 9 B のプロトン伝導体膜電極接合体 2 2 に対して、プロトン伝導体 1 3 7, 1 3 7 A, 5 1 3 7 B, 1 3 8 のプロトン伝導体膜電極接合体 1 3 9 の総面積の比が小さくなるように構成したものである。

図 1 3 A に示す発電セル 1 0 5 は、発電部 1 9 B とプロトン伝導体 1 3 7 とから構成されている。発電部 1 9 B は、酸化剤電極側セパレータ 1 2 1 と、燃料電極側セパレータ 1 3 5 と、プロトン伝導体膜電極接合体 2 2 と、酸化剤電極側セパレータ 1 2 1 とプロトン伝導体膜電極接合体 2 2 との間に介在された集電板電極 2 6 と、プロトン伝導体膜電極接合体 2 2 と燃料電極側セパレータ 1 3 5 との間に介在された電極 1 3 3 とから構成されている。そして、一方の電極 1 3 3 には、プロトン伝導体膜電極接合体 2 2 の触媒層の全面に渡って水素を展開させるために九十九折状に延在された連通溝 1 3 4 が設けられている。 15

また、プロトン伝導体 1 3 7 は、燃料電極側セパレータ 1 3 5、第三のセパレータ 1 4 2 とを有し、これらセパレータ 1 3 5, 1 4 2 間に 1 個の小型のプロトン伝導体 1 3 7 が設けられている。プロトン伝導体 1 3 7 は、プロトン伝導体膜電極接合体 1 3 9 と、その両面に配置された 20 電極 1 4 0, 1 4 1 とから構成されている。そして、プロトン伝導体膜電極接合体 1 3 9 の面積は、発電部 1 9 B のプロトン伝導体膜電極接合体 2 2 の面積に比べて大幅に小さい構成とされている。

このように、発電部 1 9 B の大きさに比べてプロトン伝導体 1 3 7 の大きさを小さくすることによっても、発電部 1 9 B における水素ガスの湿度制御を行うことができる。特に、プロトン伝導体 1 3 7 を小型に構成する場合には、発電部 1 9 B の任意の場所における湿度制御を集中的 25

に行うことができる。そのため、この実施例によれば、1個の発電部19Bにおいて、例えば、上流側と下流側とで湿度差が大きい場合に、その湿度が高い側のみ（或いは低い側でもよい。）を集中的に湿度制御できるといふ利点がある。

5 更に、プロトン伝導体137は、プロトンポンプとしてのポンプ容量に見合った大きさのプロトン伝導体膜電極接合体139を有し、そのプロトン伝導体膜電極接合体139は、中央に配置されたプロトン伝導膜と、その上下両面に設けられた触媒層とから構成されている。このプロトン伝導体膜電極接合体139に対応して、燃料電極側はセパレータ1
10 35に、その大きさに見合った大きさを有する水素取入口136が設けられ、第三のセパレータ142には、同様の大きさを有する収納凹部143が設けられている。そして、両セパレータ135，142には、水素取入口136又は収納凹部143と連通される水素流路がそれぞれ設けられている。

15 また、第三のセパレータ142には、プロトン伝導体137でポンプされた湿度の高い水素の逆流を防止するための逆止弁144が設けられている。この実施例によれば、小型のプロトン伝導体を用いてポンプ作用を行わせることができ、発電効率の低下をより少なくすることができる。尚、逆止弁144は無くてもよい。

20 図13Bに示す発電セル106は、発電部19Bのプロトン伝導体膜電極接合体22に比べてプロトン伝導体137Aのプロトン伝導体膜電極接合体139が大幅に小さい2個のプロトンポンプを用いて水素ガスの湿度制御を行うようにしたものである。この実施例に示す発電セル106が図13Aに示す発電セル105と異なるところは、プロトン伝導
25 体膜電極接合体139等が2個に増えたことと、これに対応して、燃料電極側セパレータ135Aに2個の水素取入口136，136を設ける

と共に、第三のセパレータ 1 4 2 A に 2 個の収納凹部 1 4 3 A, 1 4 3 B を設けた点である。他の構成は、上記実施例と同様である。

図 1 4 A に示す発電セル 1 0 7 は、図 1 3 B に示す発電セル 1 0 6 の下に下部発電部 1 9 C を設けた実施例である。下部発電部 1 9 C は、上部発電部 1 9 B と同様の構成を有しているが、その積層順序が逆に設定
5 されていて、上部発電部 1 9 B を逆さまにした状態で燃料電極側セパレータ 1 3 5 A の下に配置されている。この実施例では、上下 2 個の発電部 1 9 B, 1 9 C が水素の供給側を中心に上下に対向するように配設されているため、酸化剤側電極も同様に
10 対向させることができる。従って、水素の両側から酸素を供給することにより、水素極の結露を防ぐための保温効果にも役立つという利点がある。

図 1 4 B に示す発電セル 1 0 8 は、図 1 3 B に示す発電セル 1 0 6 のプロトン伝導体 1 3 7 B に多数のプロトン伝導体を設けた実施例である。これに対応して、燃料電極側セパレータ 1 3 5 B には同じ数の水素取
15 入口 1 3 6 が設けられ、第三のセパレータ 1 4 2 B には同じ数の収納凹部 1 4 3 が設けられている。この実施例では、発電部 1 9 A に対して水素の循環路を随時切り替え可能とすることができ、これにより、発電部 1 9 A における随所の湿度制御（除湿及び加湿）を独立に行うことができる。更に、水素流路の上流、中流及び下流の入れ替えを行うことも
20 できる。

図 1 5 A 及び図 1 5 B に示す発電セル 1 0 9、1 1 0 は、図 1 3 A に示す発電セル 1 0 6 の変形実施例を示すもので、水素ガス湿度制御装置として水分搬送体を用いたものである。水分搬送体は、一例として触媒の無いプロトン伝導体膜 1 4 5 と、このプロトン伝導体膜 1 4 5 の両面
25 に配置された多孔質板 1 4 6, 1 4 7 とから構成されている。他の構成は、図 1 3 A に示す実施例の発電セル 1 0 6 と同様であるため、それら

の説明は省略する。尚、図 1 5 A は、水素が燃料電極側セパレータ 1 3 5 から発電部 1 9 B に供給される場合を示している。また、図 1 5 B は、水素が第三のセパレータ 1 4 2 からプロトン伝導体膜 1 4 5 に供給され、更に、燃料電極側セパレータ 1 3 5 を介して発電部 1 9 B に供給される場合を示している。

図 1 5 A に示す実施例によれば、小型の水分搬送体を用いて水分の自然拡散による水分搬送を行うことができる。従って、発電部 1 9 B で発電された電気を水分調整に用いないため、発電効率の低下を防ぐことができる。また、図 1 5 B に示す実施例によれば、小型の水分搬送体に水素を供給して水分を強制的に拡散させ、積極的な水分搬送を行うことができる。更に、図 1 5 A 及び図 1 5 B に示す実施例では、触媒がないことによる印加電流がないため、集電板の使用を廃止して構成の簡略化を図ることができるという利点がある。

図 1 6 A に示す発電セル 1 1 1 は、図 1 5 B に示す発電セル 1 1 0 の変形実施例を示すものである。即ち、発電セル 1 1 0 の水分搬送体 1 3 8 の下側に、上述したプロトン伝導体 1 3 7 が配設され、これらを重ね合わせることによって発電セル 1 1 1 が構成されている。また、図 1 6 B に示す発電セル 1 1 2 は、図 1 3 A に示す発電セル 1 0 5 の変形実施例を示すものである。即ち、発電セル 1 0 5 のプロトン伝導体 1 3 7 の下側に、同様の構成を有する第二のプロトン伝導体 1 3 7 C が配設されて、これらを重ね合わせることによって発電セル 1 1 2 が構成されている。

これらの実施例では、発電部 1 9 B に対して、水素と湿度の循環制御を上部の水分搬送体 1 3 8 又はプロトン伝導体 1 3 7 を用いて行い、更に、その水素の湿度の増減調整を、下部のプロトン伝導体 1 3 7 又はプロトン伝導体 1 3 7 C で行うようにしている。他の構成は、同図の実施

例と同様であるため、それらの説明は省略する。更に、図 10 A～図 16 B に示す実施例において、発電部並びにプロトン伝導体及び水分搬送体の作用は、図 1 等で述べたことと同様であるため、ここでの説明は省略する。

5 本発明の第 14 の実施例の燃料電池は、アノード（陽極）で水素（ H_2 ）をプロトン（ $2 H^+$ ）と電子（ $2 e^-$ ）に分解し、このときに生じる電子の一部を電気として取り出すものである。この際、カソード（陰極）では、酸素（ O_2 ）と電解質膜を移動したプロトン及び外部回路を通ってきた電子とが結合し、水が副産物として生成される。

10 燃料電池に用いられるプロトン伝導膜がプロトンを移動させるためには水が必要であるので、この生成水を拡散性電極内部に拡散させ、プロトンの伝導率を高めるために積極的に活用されている。その一方、生成水が拡散性電極内部で過剰になると、生成水が酸素の移動を妨げることになり、その結果、燃料電池の発電が阻害されることになる。そのため、
15 燃料電池で安定な発電動作を連続させるためには、プロトン伝導膜の水分を常に一定範囲内に保つことが重要になる。

また、本発明の燃料電池の湿度制御方法は、燃料電池に用いられる燃料ガス（特に水素）の湿度を制御するもので、水及び／又は水蒸気を通すが燃料ガスを通さない水分搬送体が用いられる。ここで、水分搬送体
20 について概説すると、次のようなものである。

水分搬送体は、湿度差による自然拡散を用いて対象物を移動させることを目的とするもので、移動対象物は水分である。この水分搬送体を透過する水分の移動量は、例えば、エアの流量、エアの湿度や温度等を制御することによって調整することができる。

25 尚、燃料ガスとしては、純粹の水素のみからなる水素ガスばかりでなく、成分の一部に水素を含む水素混合ガス（例えば、メタン、メタノー

ル、プロパン、ブタン、ガソリン等）を用いることができる。即ち、高圧ボンベや液体水素タンク、水素吸蔵合金等を用いて水素そのものを供給する方法の他、天然ガス（メタン）、メタノール等の既存の炭化水素系燃料を改質して水素リッチな改質ガスを供給する方法等が用いられる。

- 5 また、酸素の供給も同様であり、空気を供給する方法の他、酸素そのものを供給する方法を用いることもできる。

図 18 は、本発明の燃料電池に係る実施例の原理を説明する図である。この実施例として示す燃料電池 265 は、発電部 266 と、水分搬送体 267 とで構成したものである。即ち、燃料電池 265 は、互いに重ね
10 合わされる酸化剤電極側セパレータ 268 及び燃料電極側セパレータ 269 と、発電部 266 用の高分子電解質膜であるプロトン伝導膜 270 と、水分搬送体 267 を備えて構成されている。

酸化剤電極側セパレータ 268 及び燃料電極側セパレータ 269 は、重ね合わせることによって内部に適当な大きさの空間部が形成される部材
15 からなり、その空間部に発電部 266 用のプロトン伝導膜 270 が保持されている。これらセパレータ 268, 269 の材質としては、例えば、非伝導性のセラミックスやプラスチック等を適用できることは勿論のこと、伝導性を有するアルミニウム合金、ステンレス合金、或いはカーボン材等を適用することもできる。図 18 に示す実施例は、酸化剤電
20 極側セパレータ 268 及び燃料電極側セパレータ 269 を共に伝導性の材料で形成したものであり、この場合、各セパレータ 268, 269 とプロトン伝導膜 270 との間には、それぞれ絶縁性のシール部材 272 を介在させるようにするとよい。

上側に配される酸化剤電極側セパレータ 268 には、空気が供給される酸素供給口 273 が設けられている。また、下側に配される燃料電極
25 側セパレータ 269 には、燃料が供給される水素供給口 274 が設けら

れている。更に、燃料電極側セパレータ 269 の略中央部には、燃料電池 265 の内部で発生した水分を外部に排出するための水分排出口 275 が設けられている。この水分排出口 275 を覆うように燃料電極側セパレータ 269 の外面には、水分搬送体 267 であるプロトン伝導膜が
5 接着剤、挟持その他の固着手段によって取り付けられている。

この水分搬送体 267 は、湿度差による自然拡散を用いて水分を移動させるようにしたもので、表面に接触する水分を吸収し、その水分を保持するのではなく、湿度が低い側に搬送して反対側の面から外部に排出する機能を有するものである。この水分搬送体 267 は、燃料電極側セ
10 パレータ 269 の内側に取り付け構成としてもよい。水分搬送体 267 は、例えばプロトン伝導膜であるパーフルオロスルホン酸膜、ナフィオン膜(フッ素樹脂系)や多孔質セラミックス等を用いることができる。

また、発電部 266 のプロトン伝導膜 270 の両面、即ち、酸化剤電極側セパレータ 268 側の面には触媒層 276 が設けられ、燃料電極側
15 セパレータ 269 側の面には触媒層 277 が設けられている。各触媒層 276, 277 の材質としては、例えば、白金や白金・ルテニウム等の触媒を用いることができる。更に、各触媒層 276, 277 の外側には、それぞれガス拡散層 278, 279 が設けられている。これらガス拡散層 278, 279 の材質としては、例えば、カーボクロス、カーボン
20 ペーパー等を用いることができる。

図 19 は、図 18 に示した燃料電池 265 の一実施例の概略構成を示す説明図であり、同一部分には同一の符号を付している。燃料電池 265 は、上述した 2 個のセパレータ 268, 269 に加えて第三のセパレータ 280 を有しており、この第三のセパレータ 280 と燃料電極側セ
25 パレータ 269 で水分搬送体 267 としてのプロトン伝導膜が挟持されている。

更に、第三のセパレータ 280 には、水分搬送体 267 を伝導して第三のセパレータ 280 側に染み出した水分を外部に持ち出すための水分持出用空気が供給される空気供給口 281 が設けられている。この空気供給口 281 から注入された水分持出用空気は、第三のセパレータ 280 と水分搬送体 267 との間の供給路 282 を通って外部に取り出される。

図 19 に示す符号 283 は、燃料電極側セパレータ 269 と第三のセパレータ 280 との間を封止するシール部材である。また、符号 284 は、水分搬送体 267 の両面に設けた補強材である。この補強材 284 は、例えば、ポーラスな網目状のガーゼのような材料からなり、水分の持ち出し量の調整、或いはシール部材 283 を用いたことによる水分搬送体 267 と第三のセパレータ 280 との間の隙間調整等を目的として用いられている。

このような構成を有する燃料電池 265 の作用を概略説明すると、例えば、次のようなものである。図 18 において、燃料電池 265 に対して、水素供給口 274 からアノード側の燃料電極側セパレータ 269 内に燃料を供給すると共に、酸素供給口 273 からカソード側の酸化剤電極側セパレータ 268 内に空気を供給する。これにより、アノードでは水素 (H_2) がプロトン ($2H^+$) と電子 ($2e^-$) に分離し、カソードでは酸素 (O_2) とプロトン伝導膜 270 を移動したプロトン ($2H^+$) 及び外部回路を通ってきた電子 ($2e^-$) とが結合される。これにより、発電部 266 で発電された電子 ($2e^-$) の一部が電力として取り出される。

この際、発電部 266 の酸化剤電極側セパレータ 268 内では、酸素 (O_2) とプロトン ($2H^+$) 及び電子 ($2e^-$) が結合することにより、水が生成される ($4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2 + O_2 = 2H_2O$)。この発電部

266で生成された水は、酸化剤電極側セパレータ268側の触媒層276及びプロトン伝導膜270を伝導して燃料電極側セパレータ269側の触媒層277に逆拡散される。そして、触媒層277を通過して燃料電極側セパレータ269側の表面に染み出す。これにより、燃料電極側セパレータ269内部の湿度が高くなり、その水分がガス拡散層279を介して水分搬送体267に伝達される。この場合、排出されるものは、液体としての水ではなく、水蒸気であってもよいことは勿論である。

また、水分搬送体267に伝達された水分は、その内部に染み込んで反対側の面まで伝導され、その面に染み出して外気に接触される。水分搬送体267と接触する外気の湿度は、燃料電極側セパレータ269内部の湿度よりも低いため、水分搬送体267に含まれる水分は外気中に放出されることになる。このような水分の伝導が繰り返されることにより、発電部266で水が連続的に生成される場合にも、その水を外部に連続的に排出することができる。従って、燃料電極側セパレータ269に水分排出口275を形成して水分搬送体267を設けることにより、発電時に燃料電池265内部で生成される水分を燃料電極側セパレータ269側から外部に放出し、燃料電池265内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる。

この場合、図19の実施例では、水分搬送体267に伝導された水分は、これを伝導して第三のセパレータ280側で排出気体である水分持ち出し用の空気に放出される。そして、空気供給口281から供給される水分持ち出し用の空気により、第三のセパレータ280に形成された流路を通して外部に持ち出される。従って、発電時に燃料電池265内部で生成される水分を外部に放出し、燃料電池265内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる。

図20は、図18及び図19に示した実施例に係る燃料電池265を

二層構造とした例の概略構成を示す説明図である。この図 20 において、図 18 及び図 19 と同一部分には同一の符号を付して、それらの説明を省略する。燃料電池 265 は、上述した 2 個のセパレータ 268, 269, 287 に加えて 2 個の中間セパレータ 294, 295 を有している。

5 酸化剤電極側セパレータを兼ねる第一の中間セパレータ 294 は燃料電極側セパレータ 269 の下側に配置され、第一の中間セパレータ 294 の下側に第二の中間セパレータ 295 が配置されている。第二の中間セパレータ 295 は燃料電極側セパレータを兼ねており、この第二の中間セパレータ 295 の下側に第三のセパレータ 287 が配置されている。

10 また、酸化剤電極側セパレータ 268 と燃料電極側セパレータ 269 との間に第一の発電部 266 が配設され、燃料電極側セパレータ 269 と第一の中間セパレータ 294 との間に第一の水分搬送体 267 が配設されている。更に、第一の中間セパレータ 294 と第二の中間セパレータ 295 との間に第二の発電部 296 が配設され、第二の中間セパレータ 295 と第三のセパレータ 287 との間に第二の水分搬送体 297 が
15 配設されている。そして、第一の中間セパレータ 294 には、発電用の酸素と水分持出し用の空気を兼ねる空気を供給するための兼用供給口 298 が設けられている。また、第二の中間セパレータ 295 には、第二の発電部 296 に対して燃料ガスである水素を供給するための第二の水
20 素供給口 299 が設けられている。

第二の発電部 296 は第一の発電部 266 と同様の構成を有するものであり、また、第二の水分搬送体 297 は第一の水分搬送体 267 と同様の構成を有するものである。しかしながら、第一の発電部 266 と第二の発電部 296 の構成、及び第一の水分搬送体 267 と第二の水分搬
25 送体 297 の構成は、共に異なる構造のものであってもよいことは勿論である。また、第一及び第二の中間セパレータ 294, 295 の材質と

しては、燃料電極側セパレータ 2 6 9 等と同様に、例えば、非伝導性のセラミックスやプラスチック等を適用できることは勿論のこと、伝導性を有するアルミニウム合金、ステンレス合金等を適用することもできる。

図 2 0 に示すように、発電部及び水分搬送体が複数個積み重ねられた多層構造の燃料電池 2 6 5 の作用を概略説明すると、次のようなものである。第一の発電部 2 6 6 及び第二の発電部 2 9 6 における発電動作は、上述した図 2 0 の説明と同様であり、各発電部 2 6 6 及び 2 9 6 において個別に発電が行われ、それぞれで発電された電気が電気回路を介して一まとめにされて外部に取り出される。

- 10 この場合、兼用供給口 2 9 8 から供給される水分持出しを兼ねる発電用の空気は、燃料電極側セパレータ 2 6 9 内部よりも湿度が低いため、第一の発電部 2 6 6 で発生した余分な水分は、第一の水分搬送体 2 6 7 の働きによって第一の中間セパレータ 2 9 4 側に持ち出される。第一の水分搬送体 2 6 7 によって第一の中間セパレータ 2 9 4 側の空気中に放出された水分は、第一の中間セパレータ 2 9 4 に形成された流路を
15 通って外部に持ち出される。従って、発電時に第一の発電部 2 6 6 内部で生成される水分を外部に放出し、第一の発電部 2 6 6 内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる。

- また、空気供給口 2 9 3 から供給される水分持出し用の空気は、第二
20 の中間セパレータ 2 9 5 内部よりも湿度が低いため、第二の発電部 2 9 6 で発生した余分な水分は、第二の水分搬送体 2 9 7 の働きによって第三のセパレータ 2 8 7 側に持ち出される。第二の水分搬送体 2 9 7 によって第三のセパレータ 2 8 7 側の空気中に放出された水分は、第三のセパレータ 2 8 7 に形成された流路を
25 通って外部に持ち出される。従って、発電時に第二の発電部 2 9 6 内部で生成される水分を外部に放出し、第二の発電部 2 9 6 内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持すること

ができる。

図 18 乃至図 20 では、水分搬送体 267 や第二の水分搬送体 297 を燃料電池の発電部 266 や第二の発電部に隣接する位置に形成した例を示しているが、発電部から離れた位置であっても、燃料ガスが流れる燃料流路上に取り付けられて、水分持ち出し用の空気と接触するとしてもよい。水分搬送体 267 や第二の水分搬送体 297 が燃料ガスと水分持ち出し用の空気との間で水分の搬送を行うことで、発電時に発電部で生成される水分を外部に放出し、発電部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる。

次に、図 20 に示す実施例に基づく試験モデルを製作して行った試験について説明する。この試験は、水素側の水分管理に水分搬送体を用いてパッシブな仕組みとして行ったものということができる。この試験モデルの構造の概略は図 20 に示す通りであり、2箇所の水分搬送体としてナフィオン膜を使用した。

この試験モデルの発電部で生成された水分は、ナフィオン膜を通して外気と同じ湿度バランスを保つように移動するため、水素供給部に水が溜まることはない。このナフィオン膜と第二の発電部とを重ね合わせ、その間に空気供給路を設けることにより、空気の供給を共用させてスタック構造を構成することができる。また、試験モデルのすべての燃料供給路及び空気供給路の末端部分をクローズしてポンプで燃料及び空気を圧送する機構とすれば、水素側及び空気側の水分持出量を独立して制御することができ、従って、更に精密な湿度制御が可能となる。

尚、図 20 の実施例において、第三のセパレータ 287 に開口部を設け、その開口部を覆う水分搬送体 267 から水分を外部に排出する構成としてもよいことは勿論である。また、1個の燃料電池を構成する積層された発電部及び水分搬送体の数は、この実施例に限定されるものでは

なく、3個以上適当な数を重ね合わせることができるものである。

図21は、試験モデルにより得られた出力特性を示すグラフであり、縦軸にセル電圧(V)を取り、横軸に時間(sec)を取っている。発電部及び水分搬送体の高分子電解質膜電極接合体(MEA)としては2
5 2.5cm²の大きさのものを1枚使用した。試験条件は、3A(アンペア)の電流を連続して流し、室温と同程度となるよう送風ファンで冷却した。その結果、図21では、次のような事項が明らかになった。

図21において、運転直後のt1点からt2点(約250sec)までの電圧変化は、セットアップ時における各種電子機器、部品等の性能
10 が安定するまでの変動によるものである。また、t3点(約1500sec)からt4点までの落ち込みは、測定条件の設定のために生じた電圧変動であり、本試験の計測領域外のものである。この非計測領域(t3点からt4点まで)を除く、計測領域(t2点からt3点まで及びt4点からt5点まで)の全体としては終始安定した電圧出力(約0.6
15 2V)が得られた。

図22は、電流4Aで8時間の連続運転を行ったときの最後の約2時間におけるセル電圧と内部抵抗との関係を示すグラフである。この試験は、第一の発電セル(V11, R1)と第二の発電セル(V12, R2)の2個について行った。この電圧(V)－抵抗(Ω)グラフによれば、
20 第一の発電セルでは、電圧出力(V11)は約0.640Vであり、内部抵抗(R1)は約0.0170(Ω)であった。また、第二の発電セルでは、電圧出力(V12)は約0.634Vであり、内部抵抗(R2)は約0.0180(Ω)であった。

この結果から明らかなように、電圧の偏差は ± 1 mV、抵抗値は0.
25 1m Ω に収まっており、安定した運転が維持できていることを確認することができた。この間、水素パージは必要なく、また、燃料供給路等に

おける結露や燃料不足の不具合は発生していなかった。

図 2 3 は、上記試験における電流 (A) と電圧 (V) の関係を示すグラフである。この試験は、第一の発電セル及び第二の発電セルについて、それぞれ 2 回ずつ試験した。この I - V (電流 - 電圧) 特性のグラフによれば、第一の発電セル (記号●と○) 及び第二の発電セル (記号■と□) のいずれにおいても、7 アンペア (A) 程度の電流まで問題なく出力できることを確認することができた。

図 2 1 乃至図 2 3 に示したように、水分搬送体が燃料ガスと排出気体に接触し、燃料ガスと排出気体との間での水分搬送を行うことにより、燃料ガスが排出気体よりも高湿度な場合には燃料ガス側から排出気体側への水分の移動が行われ、燃料ガスが排出気体よりも低湿度な場合には排出気体側から燃料ガス側への水分の移動が行われる。したがって、燃料電池での発電によって生成した水分によって、発電セルの発電に適さない湿度状態になったとしても、排出気体と燃料ガスとの間での水分搬送が繰り返されることによって、燃料電池の内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができ、良好な発電を継続して行うことがわかる。

以上説明したが、本発明は上記実施の例に限定されるものではなく、例えば、酸化剤としての酸素の供給方法については、上述した大気開放式及び空気圧送式に限定されるものではない。このように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で種々に変更できるものである。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本出願の請求項 1 に記載の水素ガス湿度制御装置によれば、第一の水素流路又は水素室と第二の水素流路又は水素室を水分搬送体によって分離させる構成としたため、2 つの水素流路又は水

素室内の水及び／又は水蒸気の割合が異なる場合には、その割合が高い方から低い方に水分搬送体を介して水及び／又は水蒸気を搬送することができる。これにより、2つの水素流路又は水素室間における水及び／又は水蒸気の割合を同じくするように水素湿度を制御することができるという効果が得られる。

本出願の請求項2に記載の水素ガス湿度制御装置では、水素ガスが、燃料改質により発生した水素ガスであり、水蒸気改質等により発生する水素は、水分を多く含むため、水分が不足する状況を回避し易いという好ましい効果が得られる。

10 本出願の請求項3に記載の水素ガス湿度制御装置によれば、第一の水素流路又は水素室と第二の水素流路又は水素室をプロトン伝導体によって分離させる構成としたため、2つの水素流路又は水素室内の水及び／又は水蒸気の割合が異なる場合には、その割合が高い方から低い方に、
15 或いは低い方から高い方にプロトン伝導体を介して水及び／又は水蒸気が搬送される。また、その割合が同じ場合であっても、一方から他方にプロトン伝導体を介して水及び／又は水蒸気が搬送される。これにより、2つの水素流路又は水素室間における水及び／又は水蒸気の割合を同じくしたり、任意の割合に設定するように水素湿度を自由に制御することができるという効果が得られる。

20 本出願の請求項4に記載の水素ガス湿度制御装置によれば、プロトン伝導体の第一の水素流路又は水素室に臨む面と第二の水素流路又は水素室に臨む面の少なくとも一方に触媒を配置される構成としたため、その触媒によって水素をプロトンに分離させ、また、プロトンを水素に転換させることができるという効果が得られる。

25 本出願の請求項5に記載の水素ガス湿度制御装置によれば、第一の水素流路又は水素室には第一の電圧印加用電極を設け、第二の水素流路又

は水素室には第二の電圧印加用電極を設けて、これら電極間にプロトン伝導体を挟持させるとしたため、これらでプロトンポンプを構成して水素ガスの湿度制御を行うことができる。従って、水素流路又は水素室内の水素湿度を最適な状態に保つための加湿・除湿装置、湿度センサ、減圧レギュレータ、昇圧コンプレッサ、流量コントローラ等として用いることができるという効果が得られる。

本出願の請求項 6 に記載の水素ガス湿度制御装置によれば、第一の電圧印加用電極と第二の電圧印加用電極の間に電圧を印加させる構成としたため、プロトン伝導体を介してプロトンを電圧の高い側から電圧の低い側に向けて移動させることができるという効果が得られる。

本出願の請求項 7 に記載の水素ガス湿度制御装置によれば、触媒として白金を用いる構成としたため、水素をプロトンに分離させ、或いは、プロトンを水素に転換させることを効率良く行うことができるという効果が得られる。

本出願の請求項 8 に記載の水素ガス湿度制御装置では、水素ガスが、燃料改質により発生した水素ガスであり、水蒸気改質等により発生する水素は、水分を多く含むため、水分が不足する状況を回避し易いという好ましい効果が得られる。

本出願の請求項 9 に記載の燃料電池によれば、燃料電極側セパレータと酸化剤電極側セパレータとプロトン伝導体膜電極接合体とを有する 1 個又は 2 個以上の発電セルと、水素ガス湿度制御装置とを備えた燃料電池において、水素ガス湿度制御装置の第一の支持板と第二の支持板との間に水分搬送体を挟持し、第一の支持板に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体を接触し、第二の支持板に少なくとも水素を接触させる構成としたため、燃料が供給される水素流路又は水素室内の水素湿度が高い場合には余分な水及び／又は水蒸気を水分搬送体で低い側に伝導させて除

湿し、また、その水素流路又は水素室内の水素湿度が低い場合には水分搬送体で高い側から伝導させて加湿して、発電動作を効率良く継続させることができるという効果が得られる。

本出願の請求項 10 に記載の燃料電池によれば、燃料電極側セパレータと酸化剤電極側セパレータとプロトン伝導体膜電極接合体とを有する
5 1 個又は 2 個以上の発電セルと、水素ガス湿度制御装置とを備えた燃料電池において、水素ガス湿度制御装置の第一の電極と第二の電極との間にプロトン伝導体を挟持し、第一の電極に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体を接触し、第二の電極に少なくとも水素が接触する構成とした
10 ため、両電極間に電圧を印加することにより、電圧の高い側から低い側に向けて水及び／又は水蒸気を移動させることができ、その電圧の印加方向を制御することで 2 つの水素流路又は水素室の水素湿度を調整し、発電動作を効率良く継続させることができるという効果が得られる。

また、本出願の請求項 11 に記載の水素ガス湿度制御方法によれば、
15 第一の電極と、第二の電極とでプロトン伝導体を挟持し、第一の電極と第二の電極との間に電圧を加えることにより、燃料電池の燃料極に供給されて第一の電極に接触する水素と、第一の電極に接触する水素とは異なる湿度を有し第二の電極に接触する水素の間での水分の搬送を行うため、電圧の高い側から低い側に向けて水及び／又は水蒸気を移動させる
20 ことができ、その電圧の印加方向を制御することで 2 つの水素流路又は水素室の水素湿度を調整し、燃料電池での発電動作を効率良く継続させることができる。

また、水分搬送体が燃料ガスと排出気体に接触し、燃料ガスと排出気体との間での水分搬送を行うことにより、燃料ガスが排出気体よりも高
25 湿度な場合には燃料ガス側から排出気体側への水分の移動が行われ、燃料ガスが排出気体よりも低湿度な場合には排出気体側から燃料ガス側へ

の水分の移動が行われる。したがって、燃料電池での発電によって生成した水分によって、発電セルの発電に適さない湿度状態になったとしても、排出気体と燃料ガスとの間での水分搬送が繰り返されることによって、燃料電池の内部の湿度を、常に一定の適正な状態に維持することができる。燃料電池内部の湿度が常に適正な状態に維持できるため、発電部が乾燥しすぎることや水没することなどを防止することができ、良好な発電状態を継続することが可能となる。

- また、燃料電池は排出気体が流れる排出流路を有するとしてもよく、排出気体が酸素を含み燃料電池の酸素極側に供給されるとしてもよい。
- 10 排出気体が流れる排出流路を燃料電池が有していることで、排出気体として燃料電池の外から空気を排出流路に送り込むことなどで、排出気体を効果的に水分搬送体に接触させることができ、燃料電池内部の湿度を適正な状態に維持することが容易となる。排出気体が酸素を含み、燃料電池の酸素極側に供給されることで、排出気体を用いて燃料電池が発電
- 15 を行うことができるため、排出気体を有効に利用して発電を行うことが可能となる。

また、水分搬送体がパーフルオロスルホン酸系ポリマーを含むとすることで、水分を水分搬送体によって確実かつ容易に搬送することができる。

請求の範囲

1. 少なくとも水素ガスが供給される第一の水素流路又は水素室と、
少なくとも水素ガスが供給される第二の水素流路又は水素室と、

前記第一の水素流路又は水素室と前記第二の水素流路又は水素室とを
5 分離すると共に水及び／又は水蒸気を通す水分搬送体と、からなること
を特徴とする水素ガス湿度制御装置。

2. 前記水素ガスは、燃料改質により発生した水素ガスであることを
特徴とする請求項 1 に記載の水素ガス湿度制御装置。

10

3. 少なくとも水素ガスが供給される第一の水素流路又は水素室と、
少なくとも水素ガスが供給される第二の水素流路又は水素室と、

前記第一の水素流路又は水素室と前記第二の水素流路又は水素室とを
分離するプロトン伝導体と、からなることを特徴とする水素ガス湿度制
15 御装置。

4. 前記プロトン伝導体は、前記第一の水素流路又は水素室に臨む面
と前記第二の水素流路又は水素室に臨む面の少なくとも一方に触媒が配
置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の水素ガス湿度制御装置。

20

5. 前記第一の水素流路又は水素室に第一の電圧印加用電極を設ける
と共に、前記第二の水素流路又は水素室に第二の電圧印加用電極を設け、
前記プロトン伝導体が前記第一の電圧印加用電極と前記第二の電圧印加
用電極との間に挟持されていることを特徴とする請求項 3 に記載の水素
25 ガス湿度制御装置。

6. 前記第一の電圧印加用電極と前記第二の電圧印加用電極との間に電圧を印加することを特徴とする請求項3に記載の水素ガス湿度制御装置。

5 7. 前記触媒は白金を含んでいることを特徴とする請求項4に記載の水素ガス湿度制御装置。

8. 前記水素ガスは、燃料改質により発生した水素ガスであることを特徴とする請求項3に記載の水素ガス湿度制御装置。

10

9. 燃料が供給される燃料電極側セパレータと、酸化剤が供給される酸化剤電極側セパレータと、前記燃料電極側セパレータと前記酸化剤電極側セパレータとの間に挟持されたプロトン伝導体膜電極接合体と、を有する1個又は2個以上の発電セルと、

15 前記燃料が供給される水素流路及び／又は水素室に組み込まれた1個又は2個以上の水素ガス湿度制御装置と、を備え、

前記水素ガス湿度制御装置は、第一の支持板と、第二の支持板と、前記第一の支持板と前記第二の支持板との間に挟持された水分搬送体とからなり、

20 前記第一の支持板に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体が接しており、前記第二の支持板に少なくとも水素が接していることを特徴とする燃料電池。

10. 燃料が供給される燃料電極側セパレータと、酸化剤が供給される酸化剤電極側セパレータと、前記燃料電極側セパレータと前記酸化剤電極側セパレータとの間に挟持されたプロトン伝導体膜電極接合体と、

25

を有する 1 個又は 2 個以上の発電セルと、

前記燃料が供給される水素流路及び／又は水素室に組み込まれた 1 個又は 2 個以上の水素ガス湿度制御装置と、を備え、

前記水素ガス湿度制御装置は、第一の電極と、第二の電極と、前記第一の電極と前記第二の電極との間に挟持されたプロトン伝導体とからなり、

前記第一の電極に水素と水及び／又は水蒸気の混合気体が接しており、前記第二の電極に少なくとも水素が接していることを特徴とする燃料電池。

10

1 1. 第一の電極と、第二の電極とでプロトン伝導体を挟持し、

前記第一の電極と前記第二の電極との間に電圧を加えることにより、

燃料電池の燃料極に供給されて前記第一の電極に接触する水素と、前記第一の電極に接触する水素とは異なる湿度を有し前記第二の電極に接触する水素の間での水分の搬送を行うことを特徴とする水素ガス湿度制御方法。

15

1 2. 燃料極と酸素極とで電解質を挟持した発電セルと、

前記酸素極に酸素を供給するための酸素流路が形成された酸素極側セパレータと、

20

前記燃料極に燃料ガスを供給するための燃料流路が形成された燃料極側セパレータと、

前記燃料ガスに接触して配され、前記燃料ガスとは異なる湿度を有する排出気体に接触し、前記燃料ガスと前記排出気体との間での水分の搬送を行う水分搬送体と、

25

を有することを特徴とする燃料電池。

1 3. 前記排出気体が流れる排出流路を有することを特徴とする請求項 1 2 記載の燃料電池。

1 4. 前記発電セルを複数有し、

前記水分搬送体が第一の発電セルと第二の発電セルとの間に配置され、

5. 前記水分搬送体が接触する排出気体が酸素を含んで、前記第二の発電セルの酸素極側に供給される

ことを特徴とする請求項 1 2 記載の燃料電池。

1 5. 前記水分搬送体は、パーフルオロスルホン酸系ポリマーを含むことを特徴とする請求項 1 2 記載の燃料電池。

10. 1 6. 前記排出気体として当該燃料電池の外部に存在する大気を用いることを特徴とする請求項 1 2 記載の燃料電池。

1 7. 燃料電池の燃料極側に供給される燃料ガスと接触するように水分搬送体を設け、

15. 前記燃料ガスとは異なる湿度を有する排出気体および前記燃料ガスを前記水分搬送体で隔て、

前記水分搬送体を用いて前記燃料ガスと前記排出気体との間で水分の搬送を行うことを特徴とする燃料電池の湿度制御方法。

1 8. 前記排出気体が酸素を含み、前記燃料電池の酸素極側に供給されることを特徴とする請求項 1 7 記載の燃料電池の湿度制御方法。

20. 1 9. 前記排出気体として当該燃料電池の外部に存在する大気を用いることを特徴とする請求項 1 7 記載の燃料電池の湿度制御方法。

FIG. 1

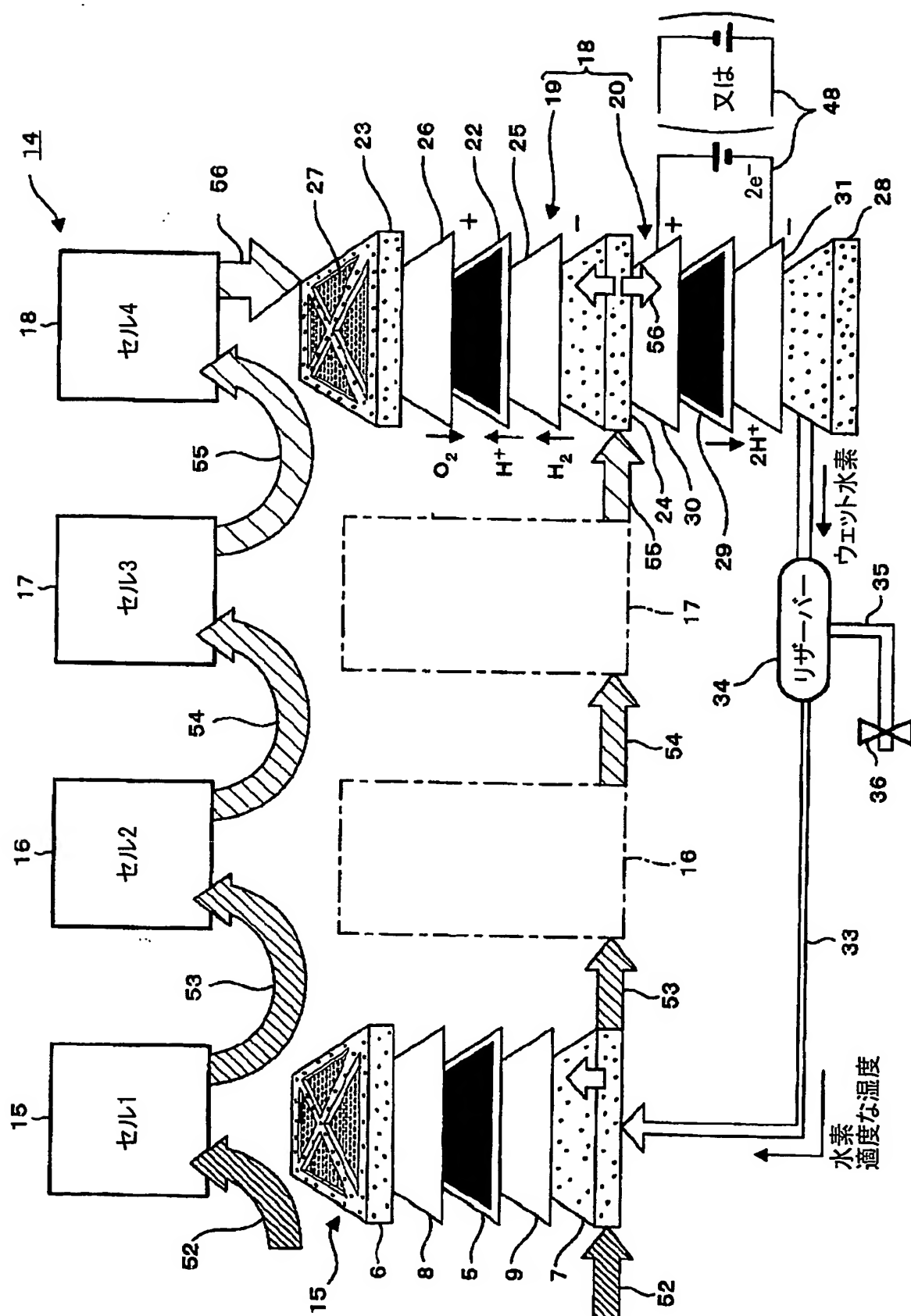
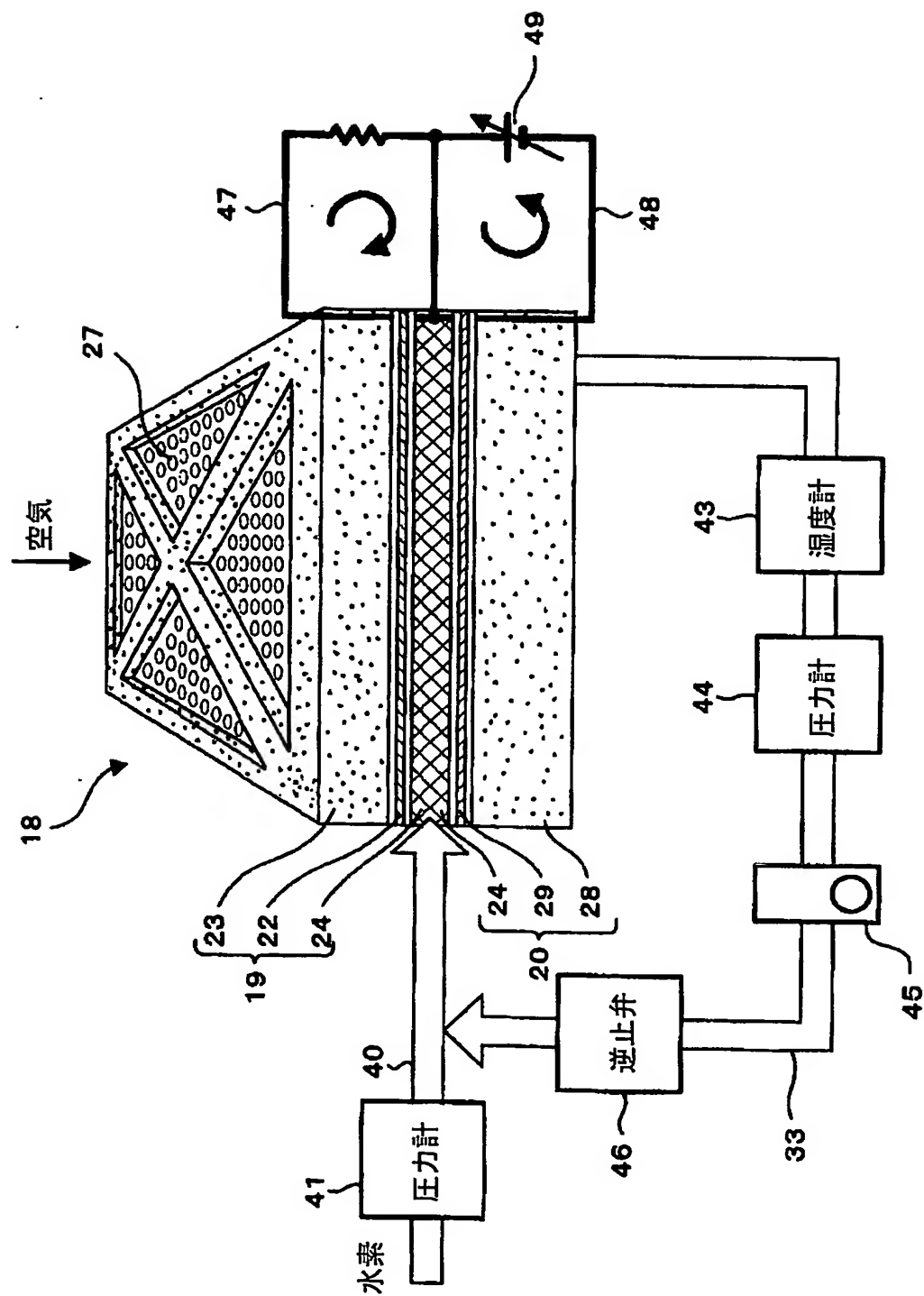
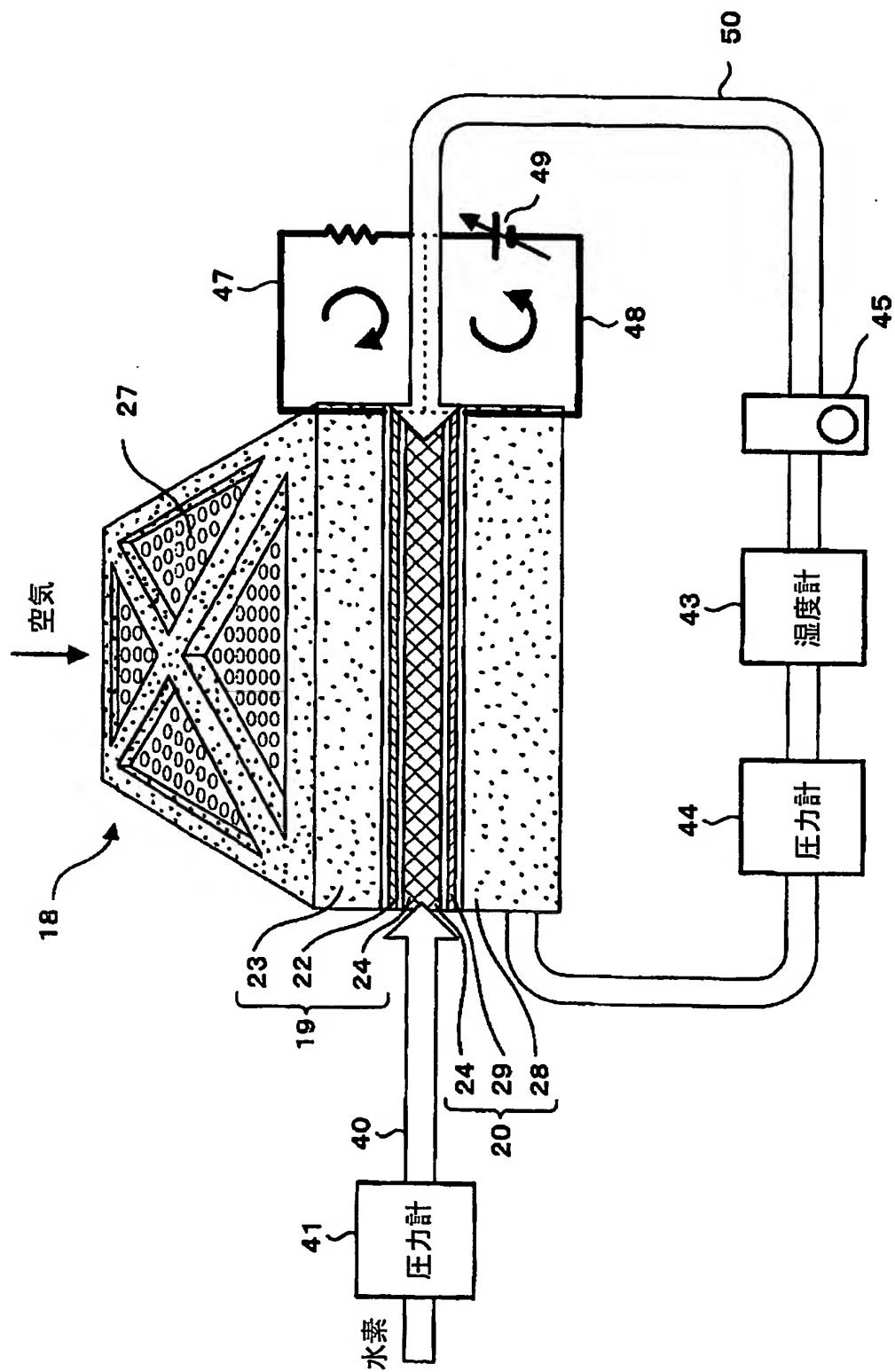


FIG. 2



3/22

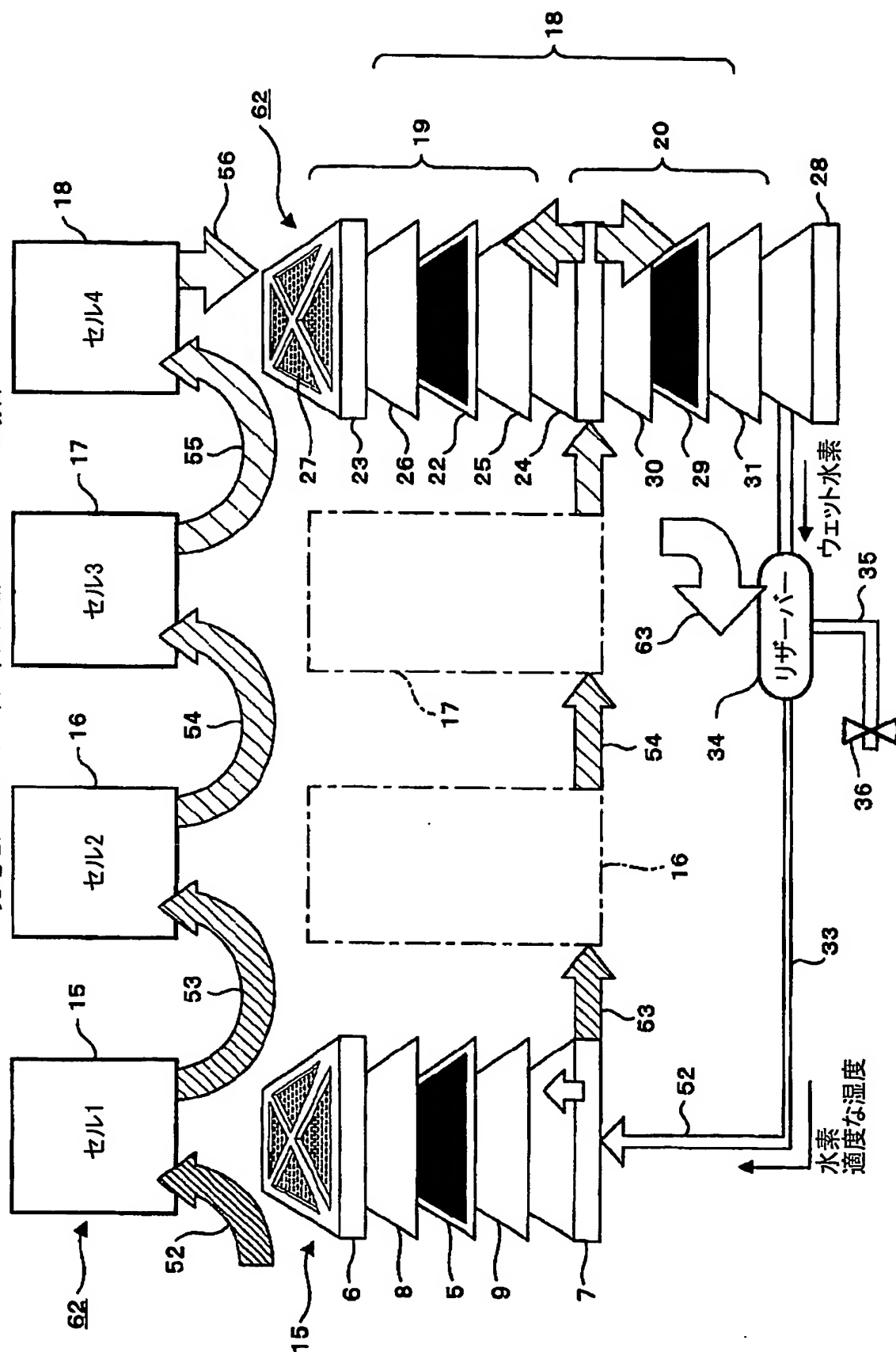
FIG. 3



4/22

FIG. 4

発電セルMEA: プロトンポンプセルMEA=4:1の場合



6/22

FIG. 6

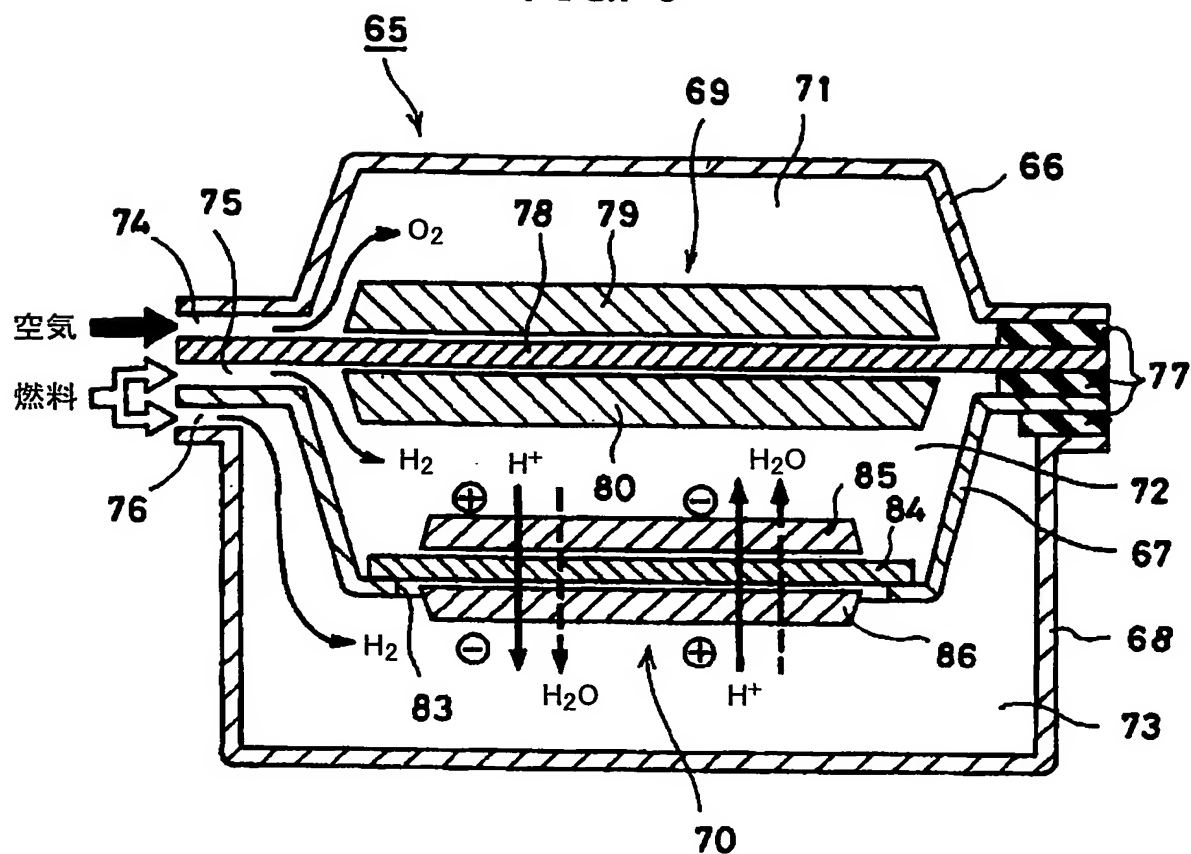


FIG. 7

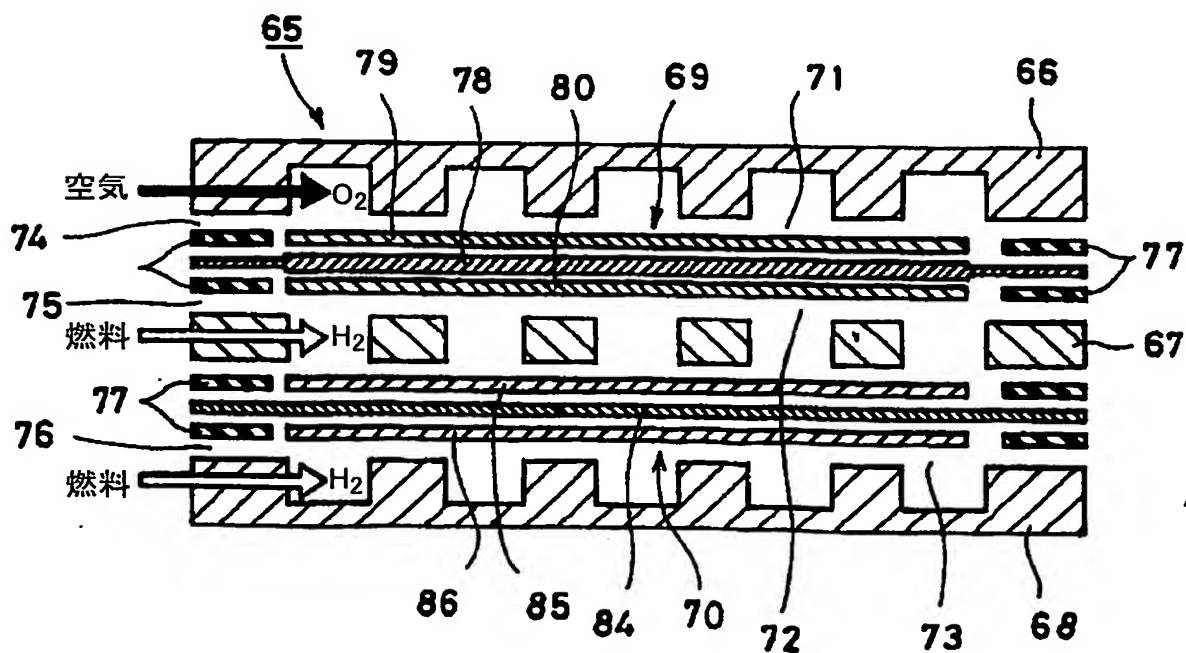
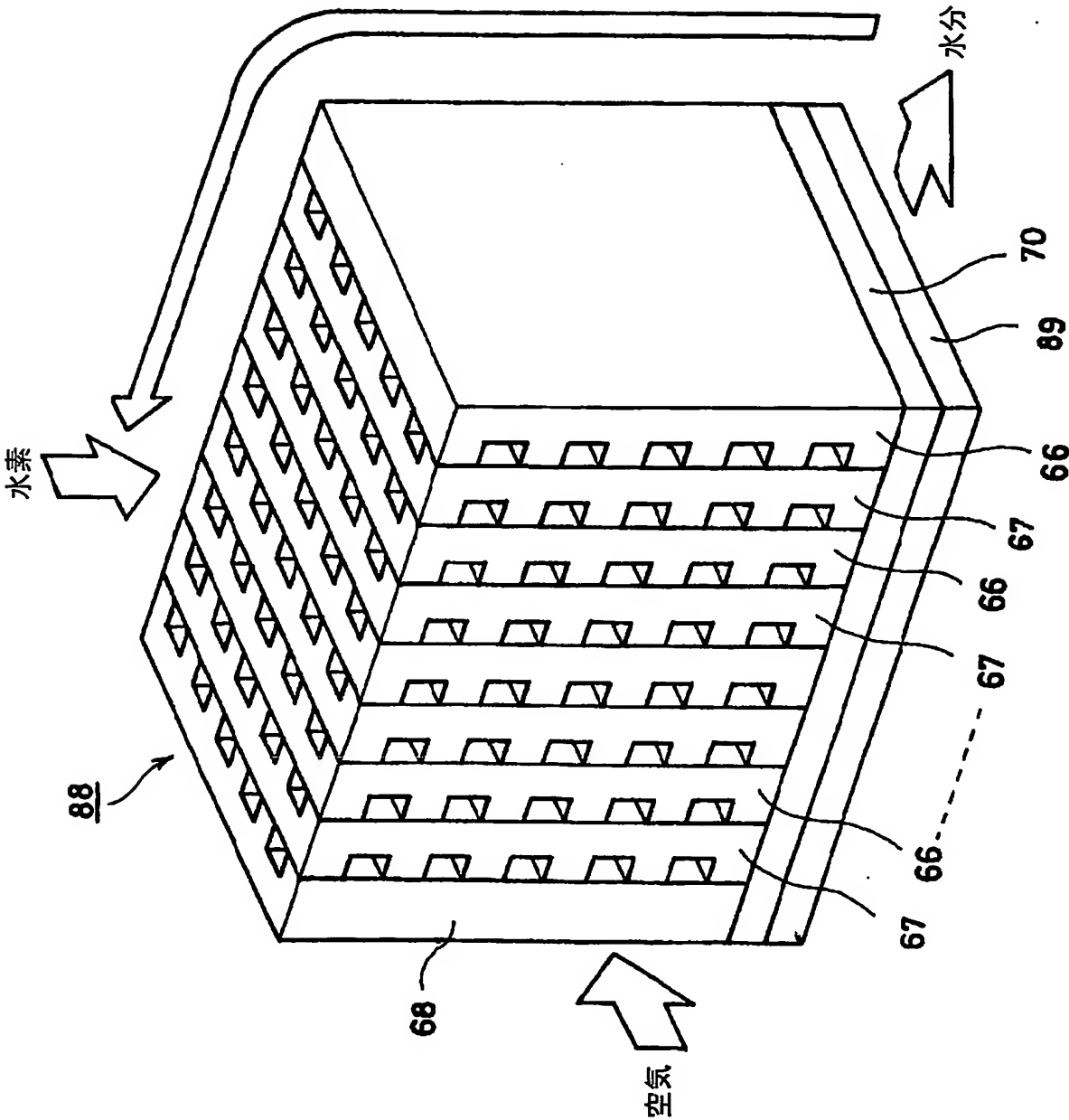
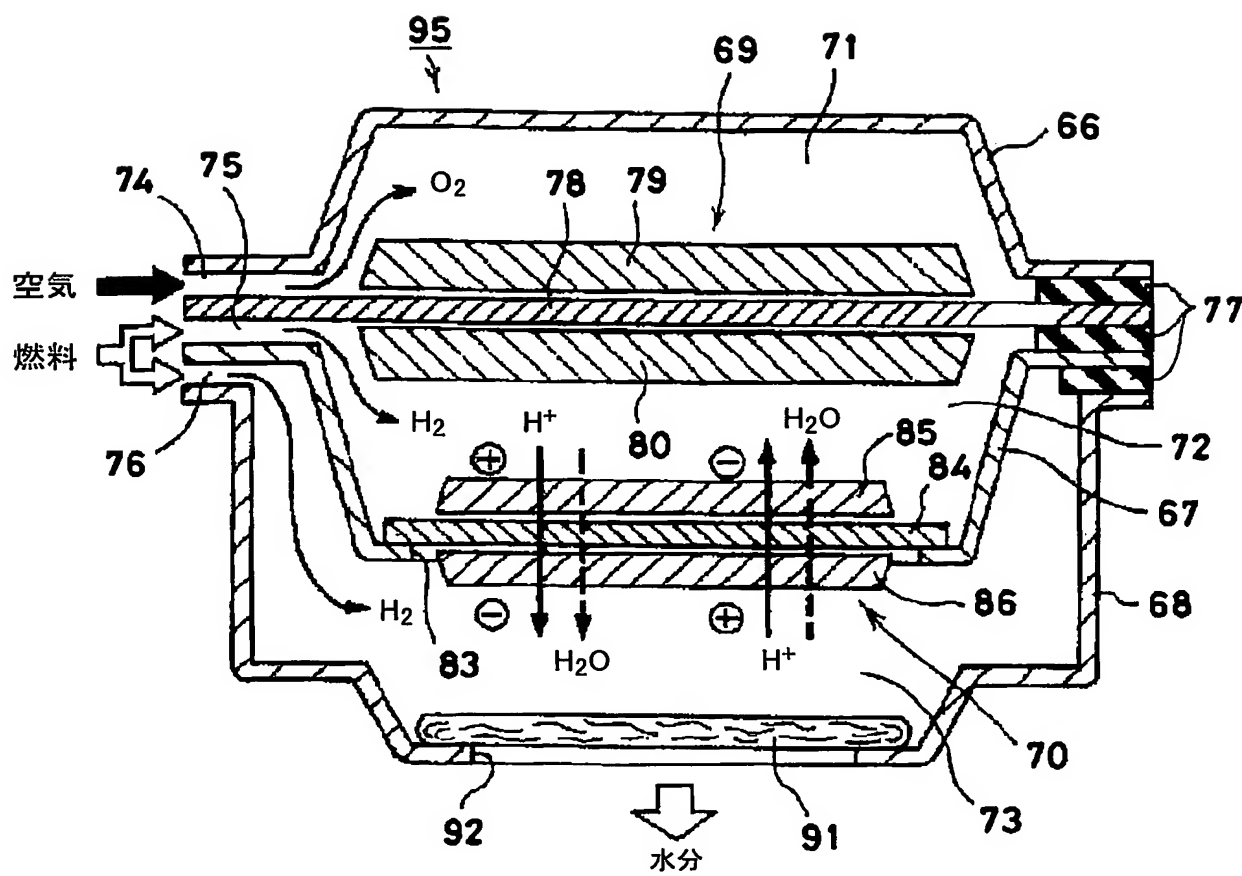


FIG. 8



8/22

FIG. 9



9/22

FIG. 10A

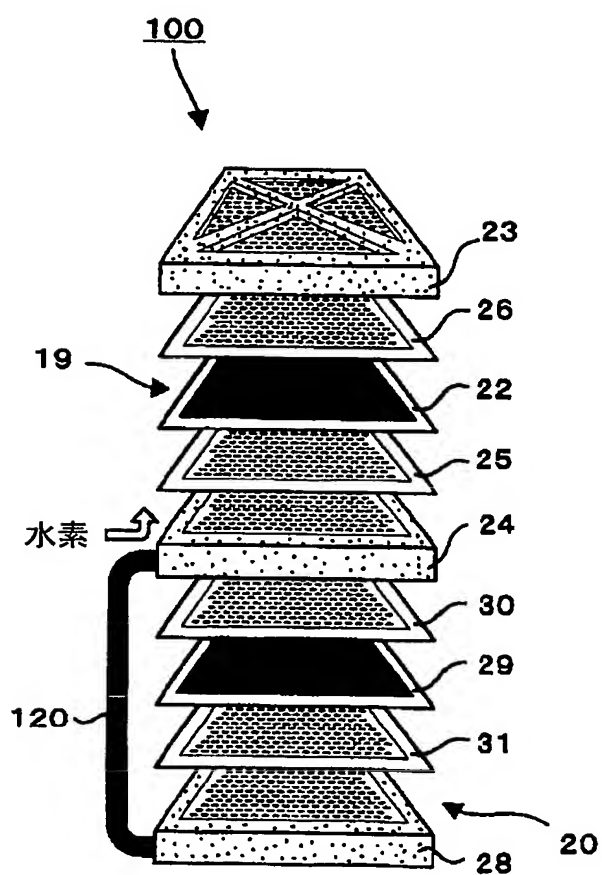
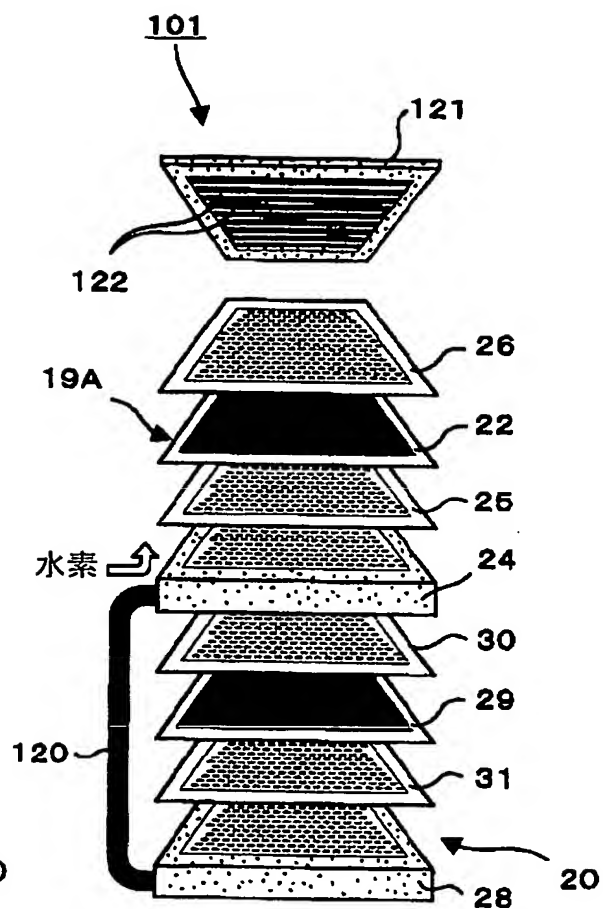


FIG. 10B



10/22

FIG. 11A

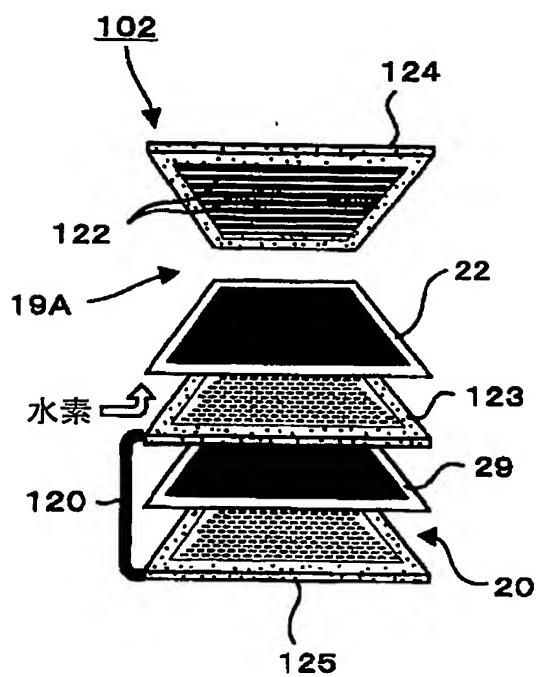
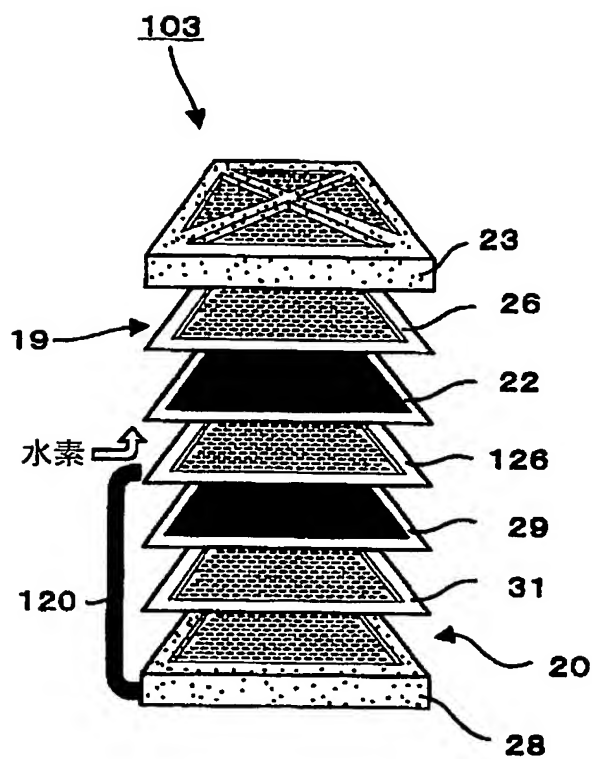
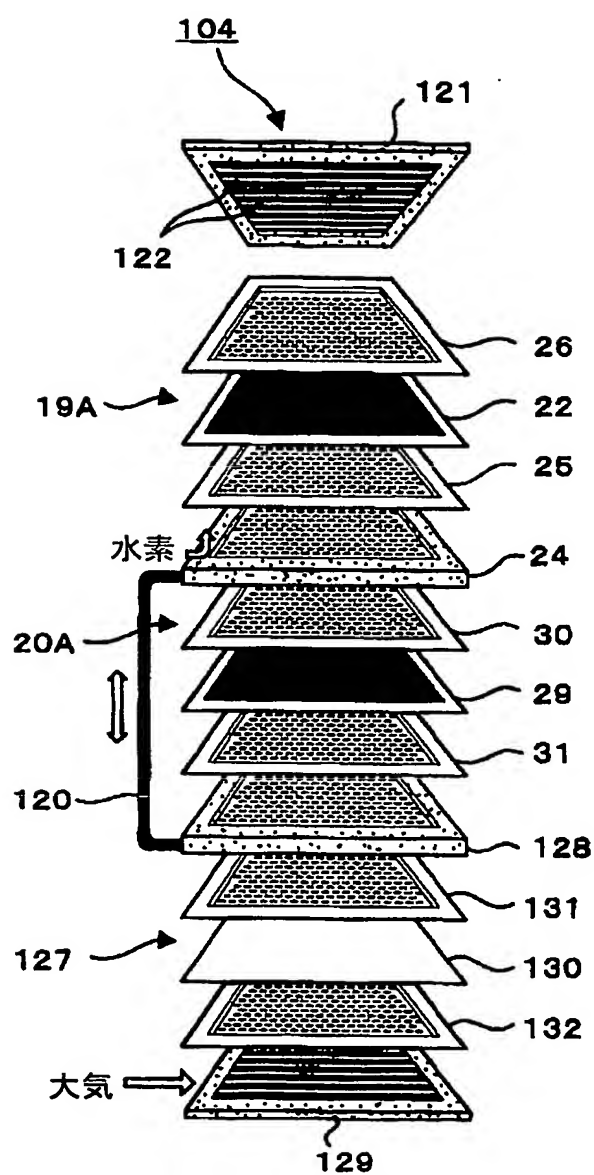


FIG. 11B



11/22

FIG. 12



12/22

FIG. 13A

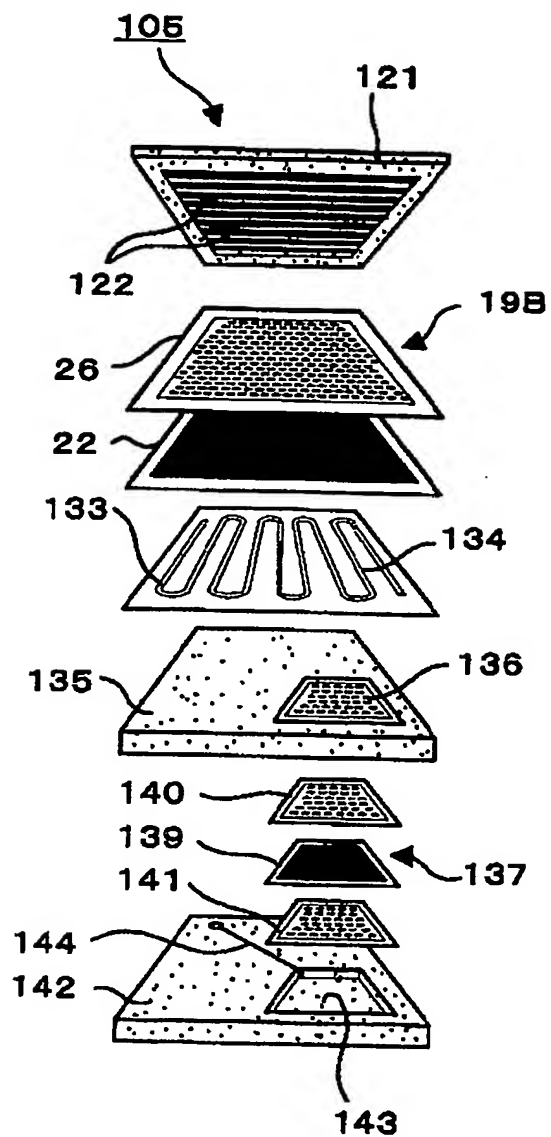
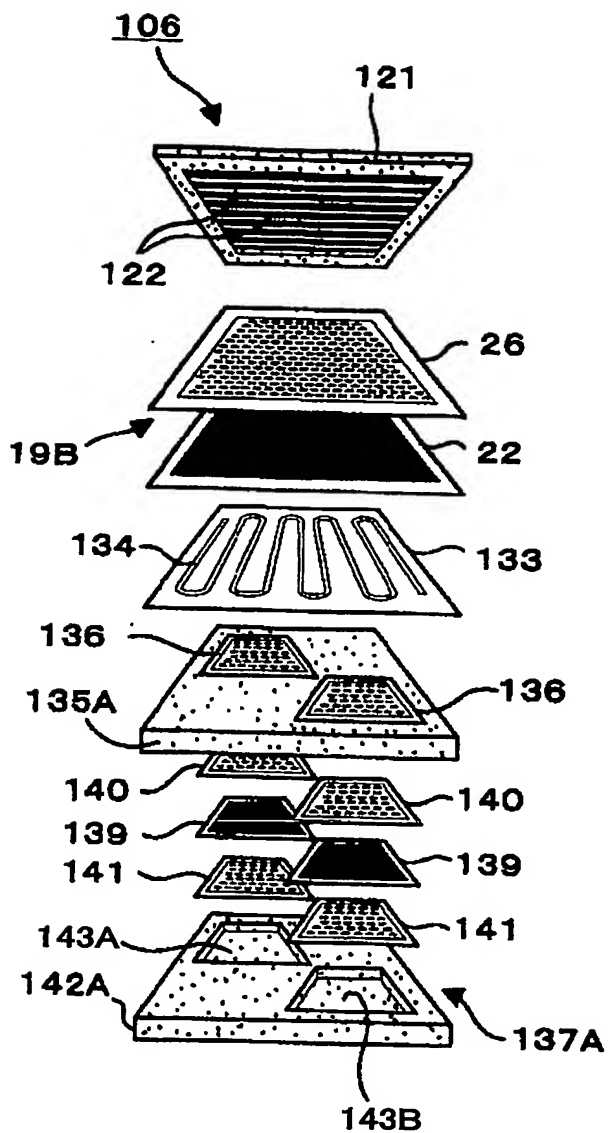


FIG. 13B



13/22

FIG. 14A

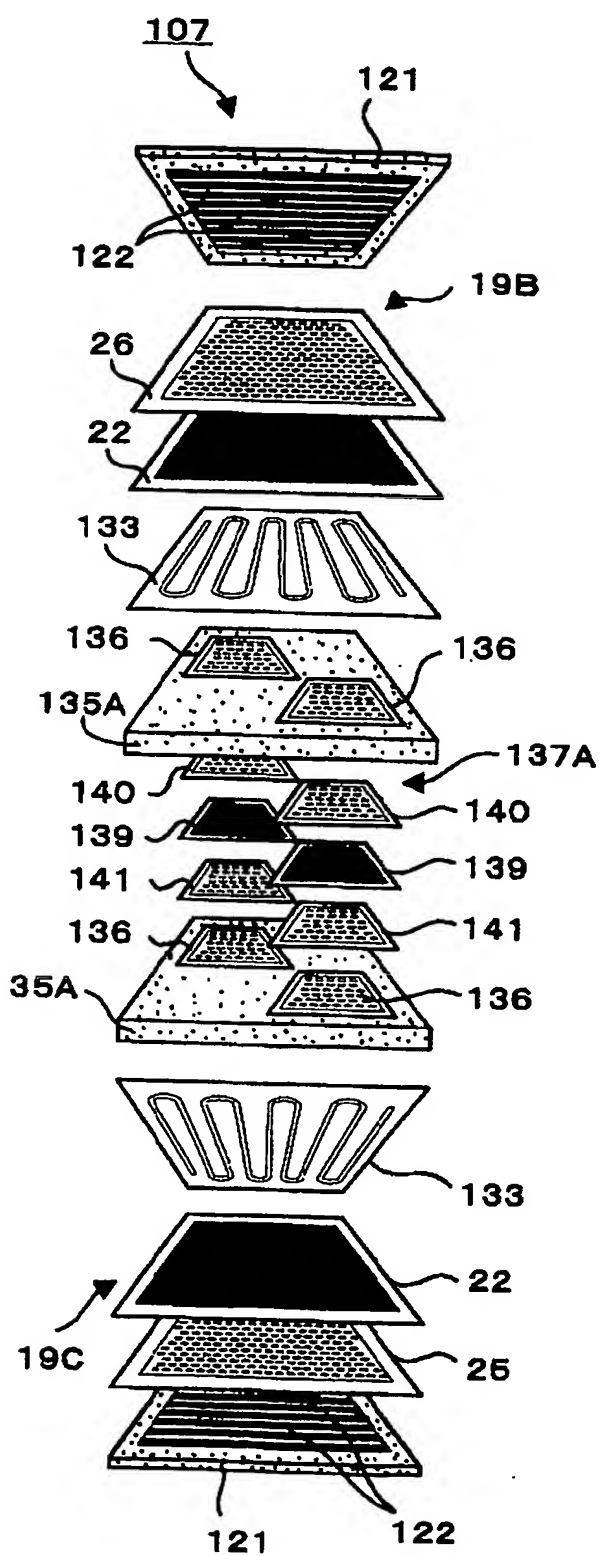
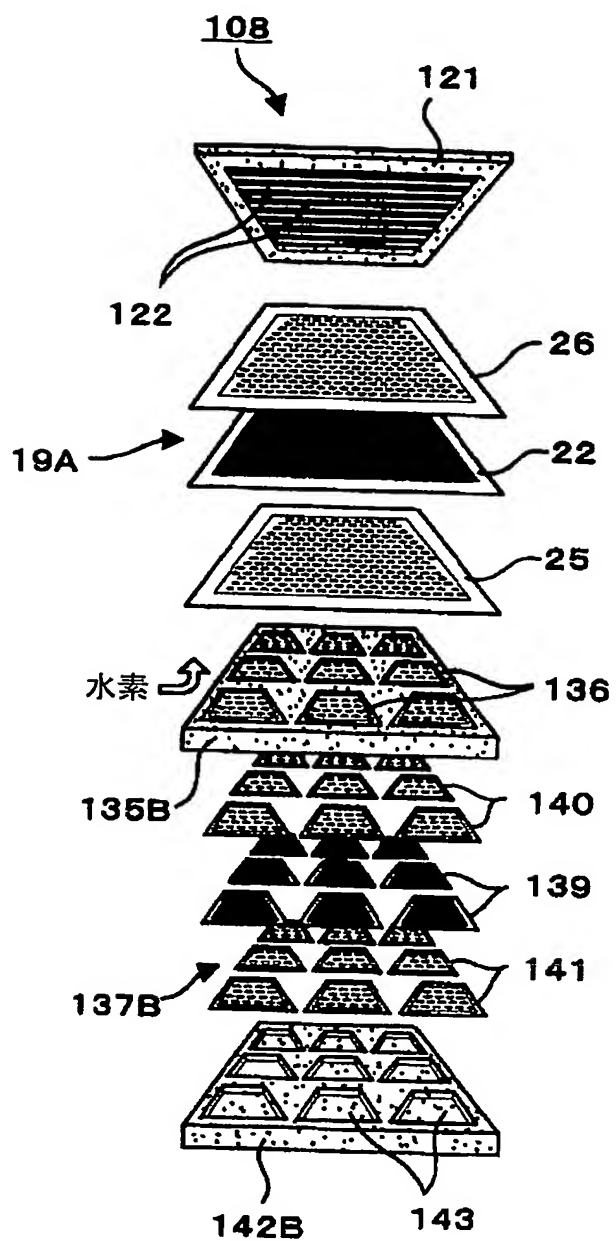


FIG. 14B



14/22

FIG. 15A

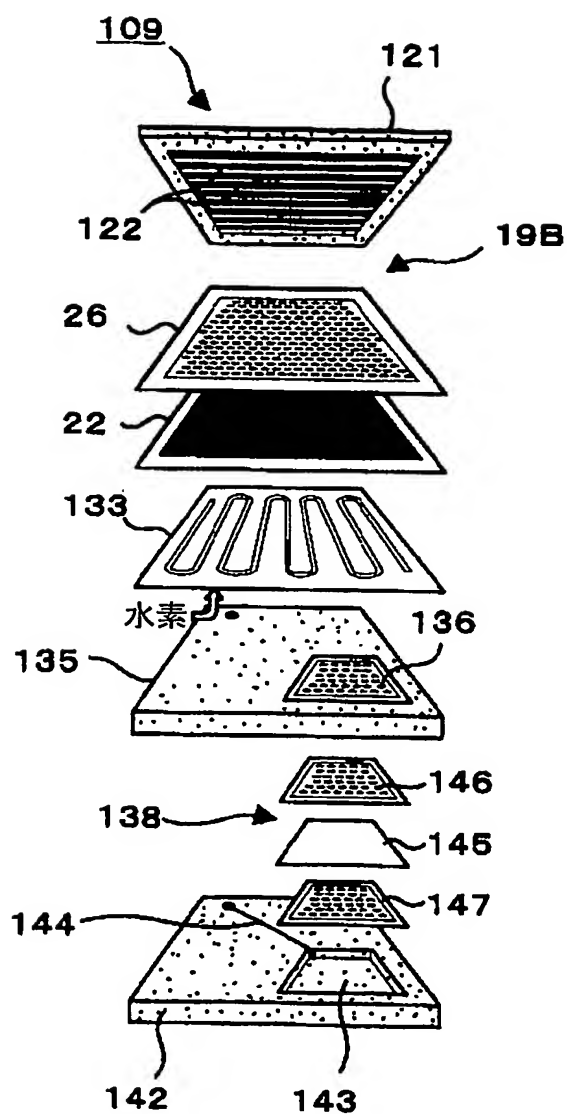
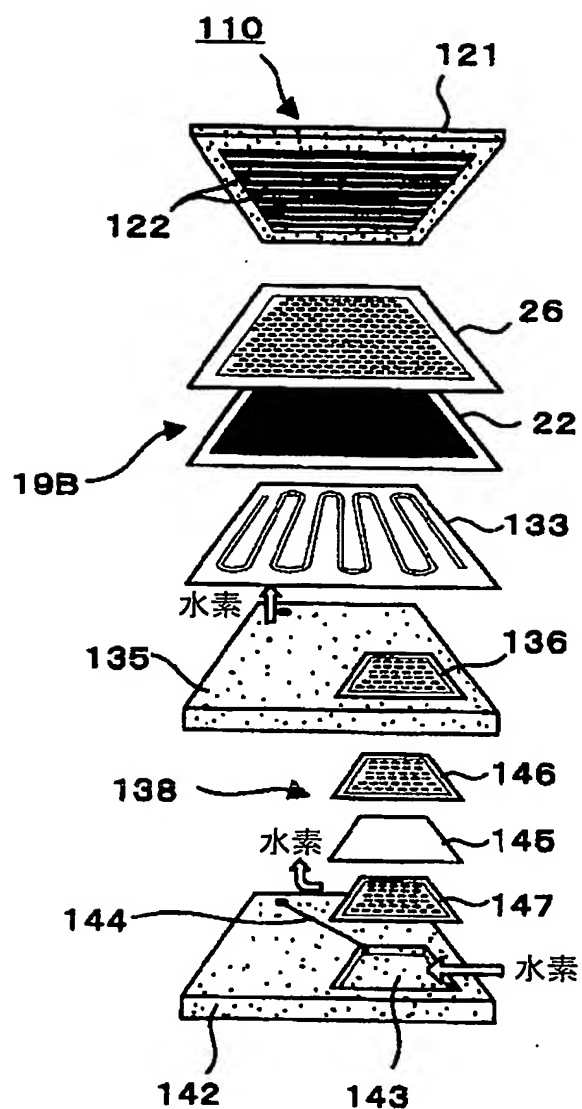


FIG. 15B



15/22

FIG. 16A

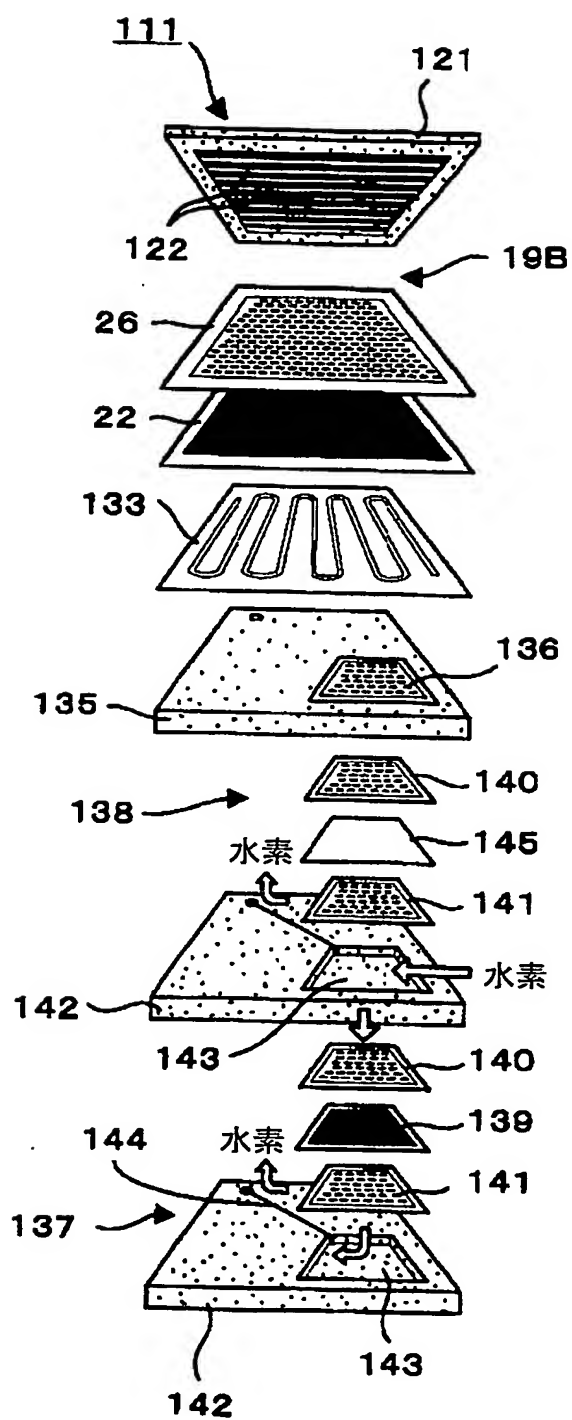
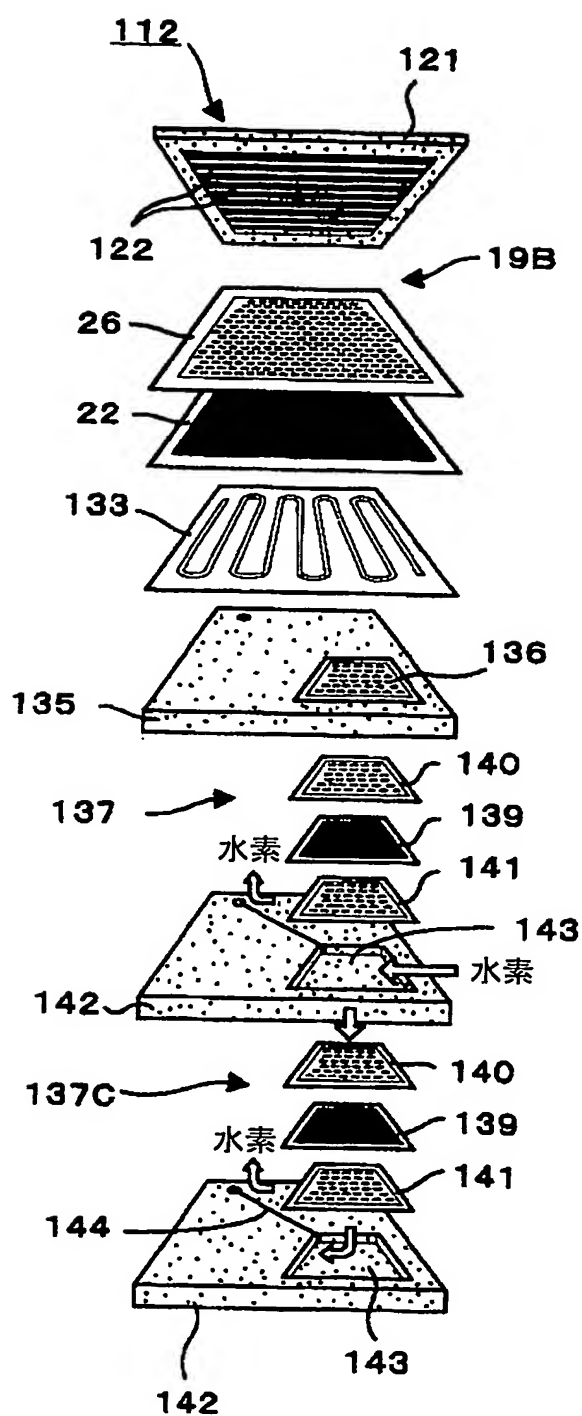


FIG. 16B



16/22

FIG. 17A

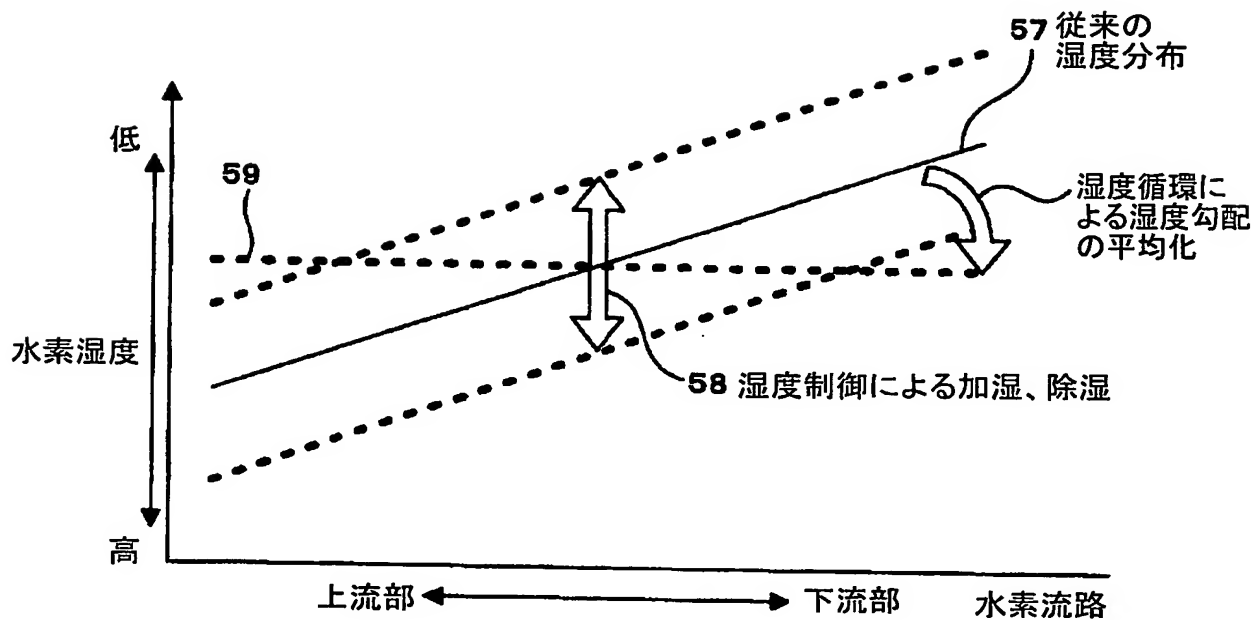
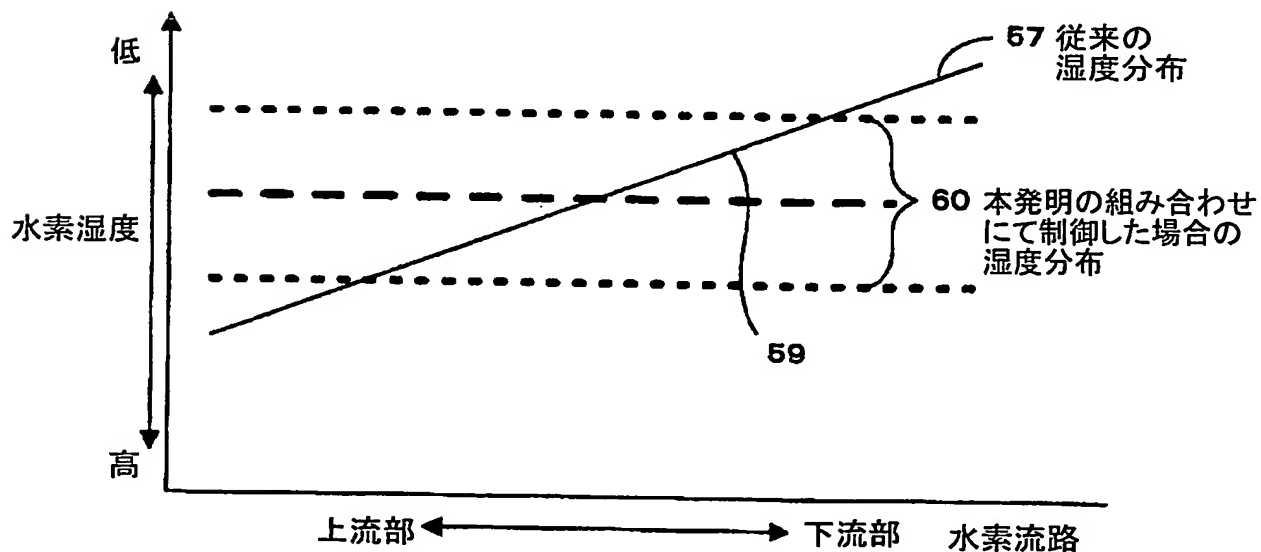


FIG. 17B



17/22

FIG. 18

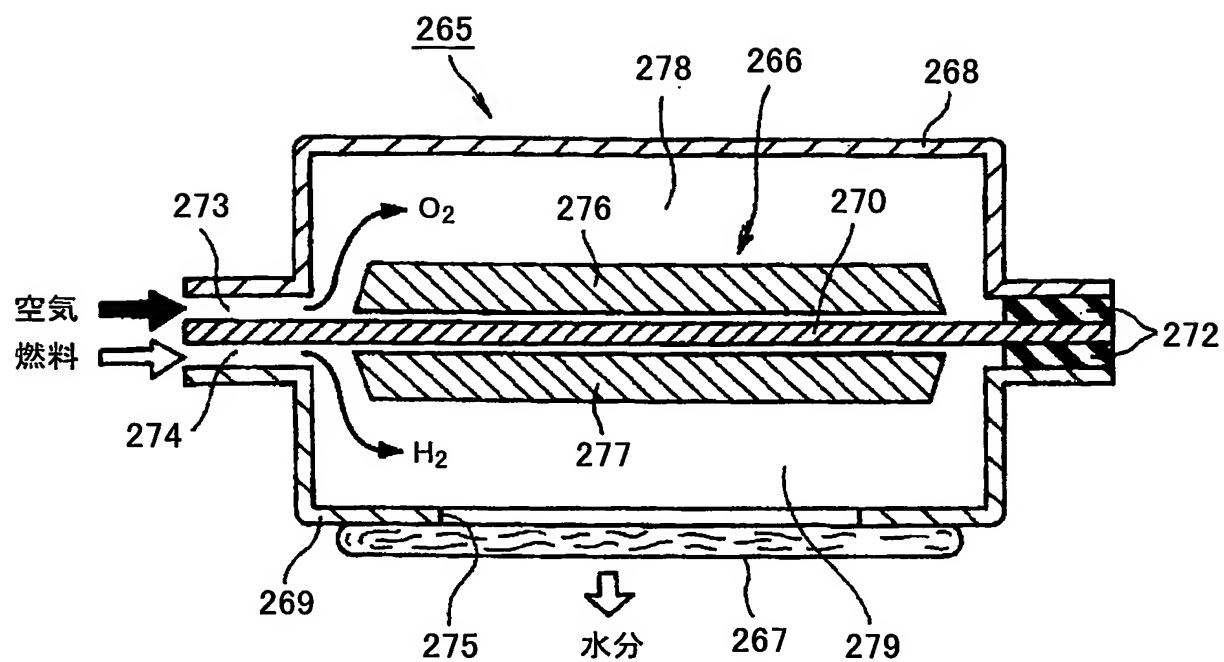
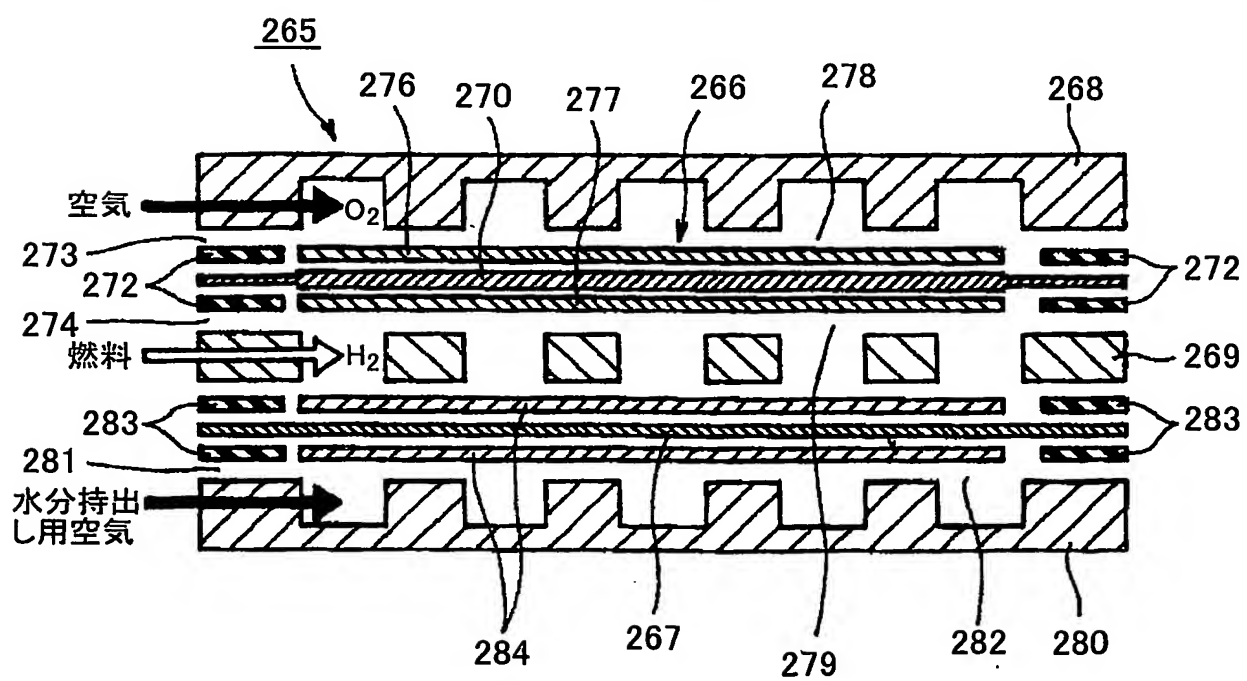


FIG. 19



18/22

FIG. 20

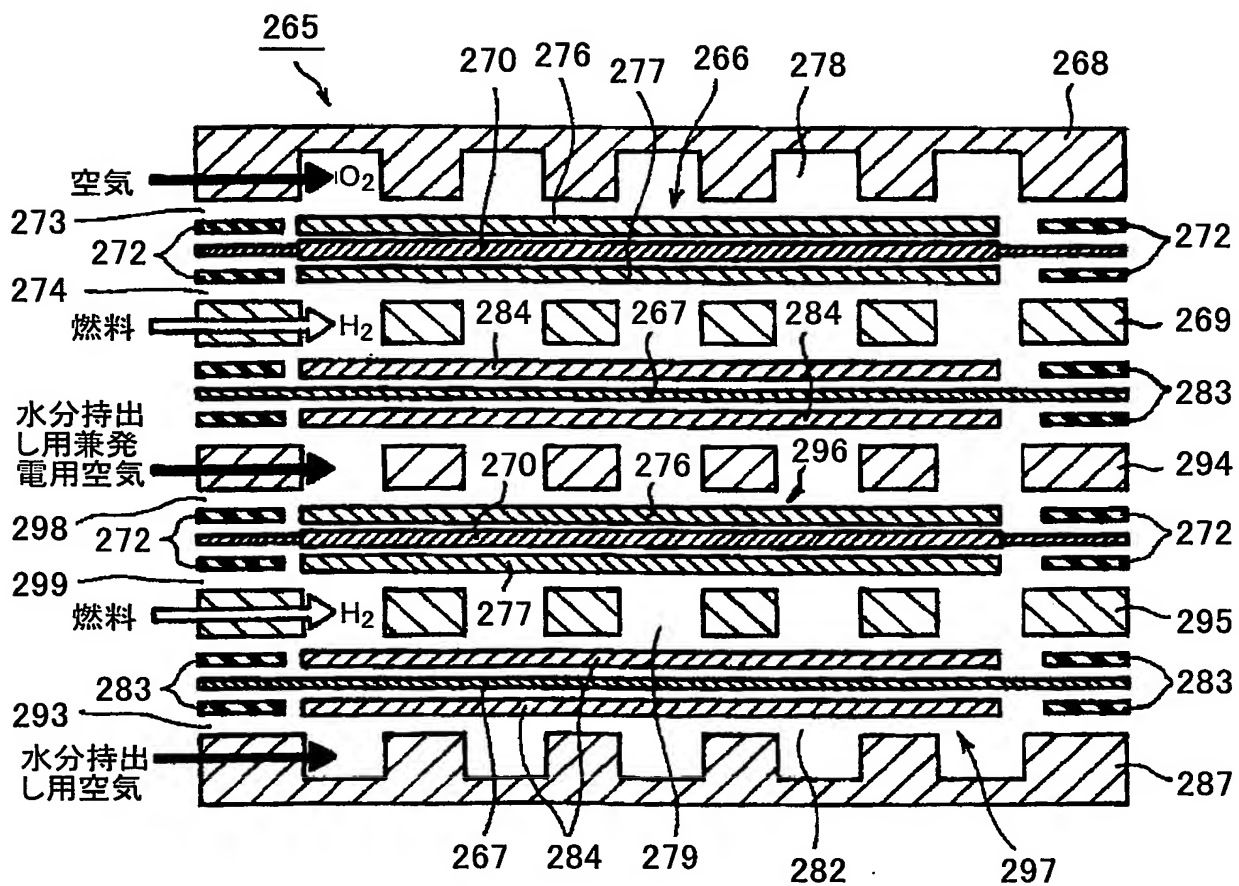


FIG. 21

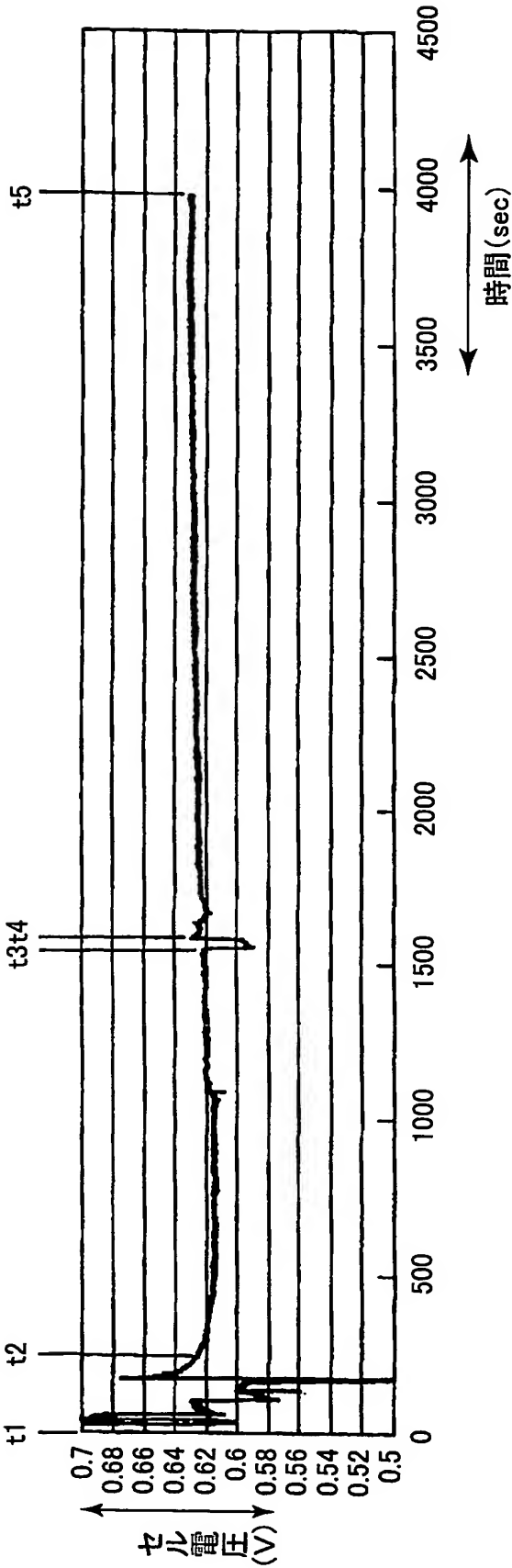
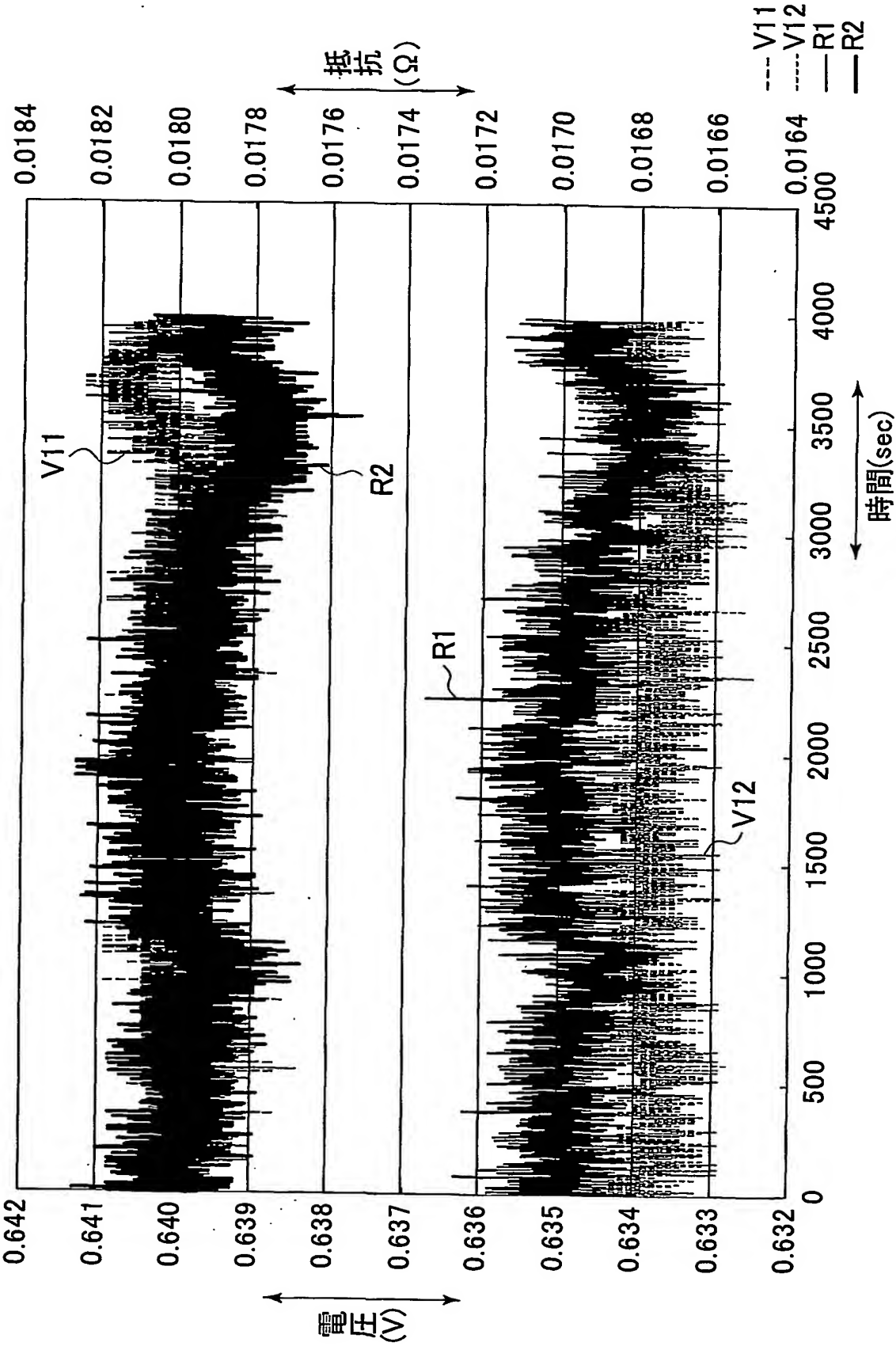


FIG. 22



21/22

FIG. 23

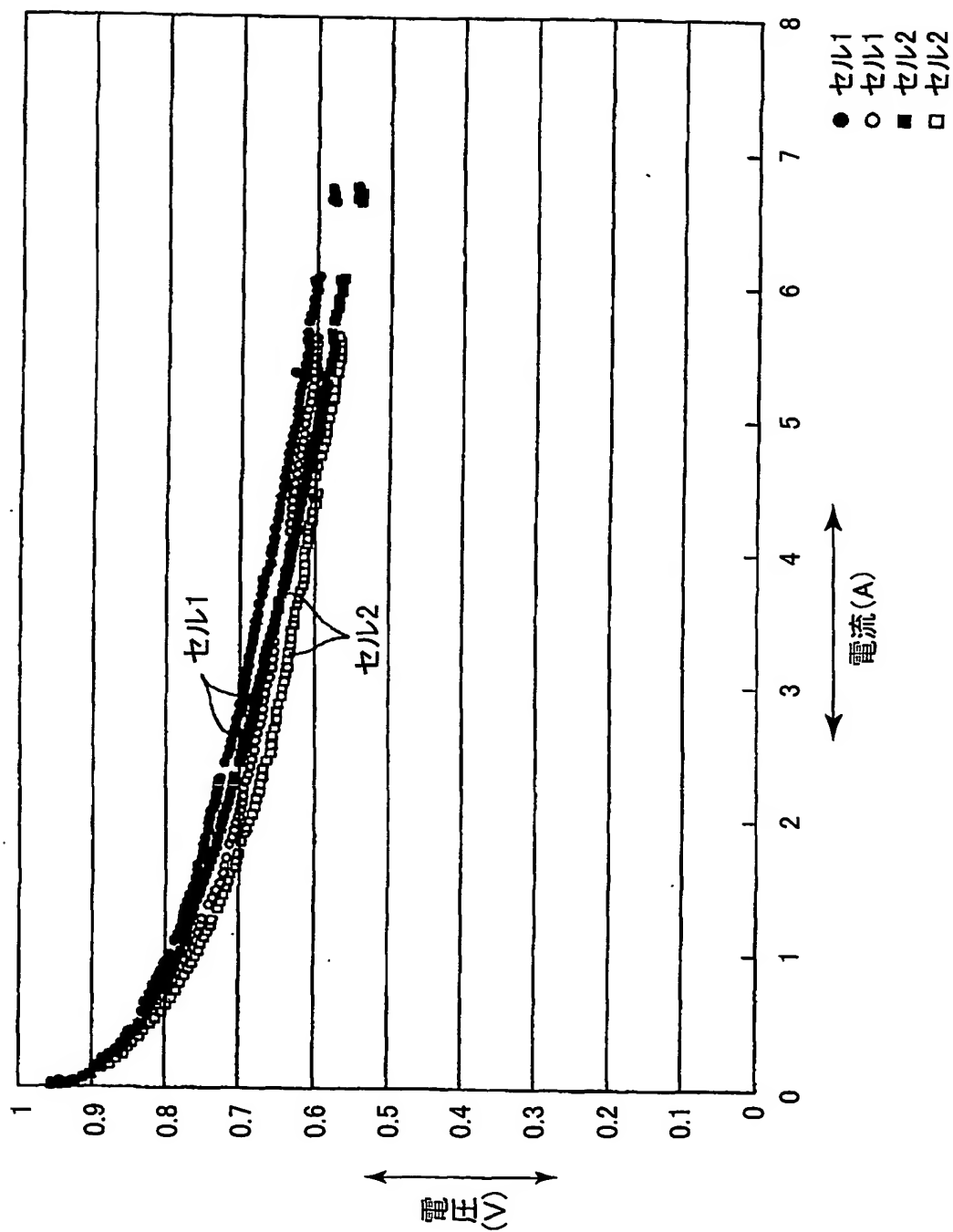
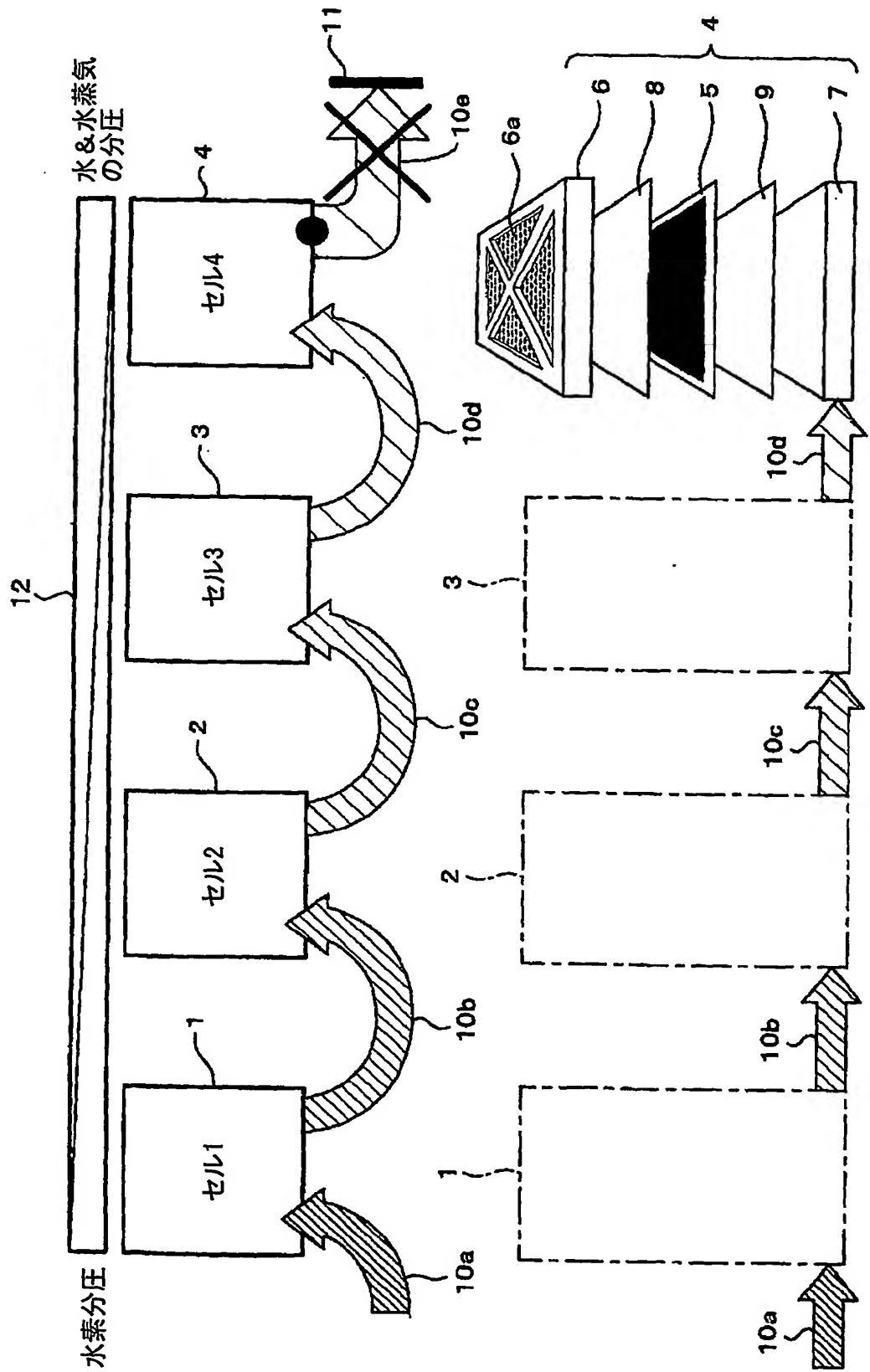


FIG. 24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15712

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01M8/04, H01M8/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01M8/04, H01M8/10, B01D53/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6-132038 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 13 May, 1994 (13.05.94),	1, 3, 9, 12, 13, 15, 17
Y	Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	2, 4-8, 10, 11
X	JP 2002-170584 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 14 June, 2002 (14.06.02),	1, 3, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19
Y	Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	2, 4-8, 10, 11, 14, 18
X	JP 2001-216988 A (Honda Motor Co., Ltd.), 10 August, 2001 (10.08.01),	12, 13, 16, 17, 19
Y	Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 March, 2004 (09.03.04)

Date of mailing of the international search report
23 March, 2004 (23.03.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

International application No.

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01M 8/04, H01M 8/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01M 8/04, H01M 8/10, B01D53/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 6-132038 A(富士電機株式会社)1994. 05. 13, 全文, 【図1】 ~ 【図2】 (ファミリーなし)	1, 3, 9, 12, 13, 15, 17 2, 4 ~ 8, 10 , 11
X Y	JP 2002-170584 A(富士電機株式会社)2002. 06. 14, 全文, 【図1】 ~ 【図3】 (ファミリーなし)	1, 3, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19 2, 4 ~ 8, 10 , 11, 14, 18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09. 03. 2004

国際調査報告の発送日

23. 3. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小川 進

4 X

8 4 1 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3477

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2001-216988 A(本田技研工業株式会社)2001.08.10, 全文, 【図1】～【図6】(ファミリーなし)	12, 13, 16, 17, 19
Y		18
Y	JP 6-89731 A(富士電機株式会社)1994.03.29, 全文, 【図1】～【図6】(ファミリーなし)	2, 8
Y	JP 8-138705 A(トヨタ自動車株式会社)1996.05.31, 全文, 【図1】～【図10】(ファミリーなし)	2, 8
Y	JP 60-114325 A(日本電池株式会社)1985.06.20, 全文, 第1図(ファミリーなし)	4～8, 10, 11
Y	JP 61-216714 A(日本電池株式会社)1986.09.26, 全文, 図面(ファミリーなし)	4～8, 10, 11
Y	JP 2-9413 A(三菱電機株式会社)1990.01.12, 全文, 第1図～第4図(ファミリーなし)	4～8, 10, 11
Y	JP 6-119931 A(三菱重工業株式会社)1994.04.28, 全文, 【図1】～【図7】(ファミリーなし)	14
Y	JP 5-54900 A(富士電機株式会社)1993.03.05, 全文, 【図1】～【図6】(ファミリーなし)	18
Y	JP 5-94832 A(富士電機株式会社)1993.04.16, 全文, 【図1】(ファミリーなし)	18